Monitoring walviskadaver Rottumerplaat

Auteurs: Baptist, M.J., M.F. Leopold, J.P. Verdaat, M.E.B. van Puijenbroek &
N. Janinhoff-Verdaat.

Wageningen Marine Research
Den Helder, december 2021

Wageningen Marine Research rapport C103/21a

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Keywords: walvis, kadaver, karkas, Waddenzee

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Noord-Nederland
T.a.v. Rick Hoeksema
Zuidersingel 3
8911 AV Leeuwarden

Dit rapport is gratis te downloaden van https://doi.org/10.18174/559105
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Martin Baptist

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research, vertegenwoordigd door
Dr.ir. J.T. Dijkman, Managing director

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van hierbijwerkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

A_4_3_1 V31 (2021)

Inhoud

Samenvatting **4**

1 Inleiding **9**

1.1 Aanleiding 9
1.2 Onderzoeksvragen 10
1.3 Strandingen van walvissen 11
1.4 Dankwoord 13

2 Meetresultaten **14**

2.1 Fotogrammetrie vanuit de lucht 14
2.1.1 Methoden 14
2.1.2 Resultaten 15
2.2 Fotogrammetrie op de grond 17
2.2.1 Methoden 17
2.2.2 Resultaten 20
2.3 Wildcamera's 30
2.3.1 Methoden 30
2.3.2 Resultaten 31
2.4 Bemonstering van invertebraten 53
2.4.1 Methoden 53
2.4.2 Resultaten 54
2.5 Waarnemingen aan staat van ontbinding en geur 62
2.5.1 Methoden 62
2.5.2 Resultaten 63
2.5.3 Schimmels of niet? 86
2.6 Vegetatiekartering 90
2.6.1 Methoden 90
2.6.2 Resultaten 92
2.7 Bodemmonsters 107
2.7.1 Methoden 107
2.7.2 Resultaten 108

3 Evaluatie en aanbevelingen **124**

3.1 Evaluatie van het afbraakproces 124
3.2 Evaluatie van overlast door geur en ontploffingsgevaar 125
3.3 Evaluatie van de biodiversiteit 125
3.4 Evaluatie van verrijking van de bodem 126
3.5 Evaluatie van cadmium in de bodem 127
3.6 Evaluatie van vegetatieontwikkeling 127
3.7 Aanbevelingen 127

4 Kwaliteitsborging **131**

Literatuur **132**

Verantwoording **134**

Bijlage 1 Dwergvinvis op Juist **135**

Bijlage 2 Time-lapse foto's per dag **142**

Samenvatting

Een kadaver van een 4,70 m lange, mannelijke jonge dwergvinvis (*Balaenoptera acutorostrata*) spoelde aan op de westkant van de Rottumerplaat, waar hij als eerste werd opgemerkt door een visserman op woensdag 25 november 2020. Het kadaver is nog dezelfde nacht door de Waddenunit van LNV verplaatst naar de zuidoostpunt van Rottumerplaat en neergelegd in het duin op een hoogte van 4,5 m +NAP, nabij de vogelwachterspost. Rijkswaterstaat Noord-Nederland heeft de verantwoordelijkheid over het kadaver genomen met de bedoeling het te laten ontbinden en het natuurlijke ontbindingsproces te monitoren. Vanwege het experiment kon er geen sectie gedaan worden om de doodsoorzaak van het dier vast te stellen. Ook de leeftijd kon niet goed worden vastgesteld. Afgaande op de afmetingen was de vermoedelijke leeftijd tussen 1,5 en 2,5 jaar. Rijkswaterstaat vroeg Wageningen Marine Research (WMR) daags na de stranding om de ecologische gevolgen van de ontbinding van het walviskadaver te onderzoeken. Een meetplan voor de monitoring is opgeleverd door WMR op 27 november 2020. Een eerste veldbezoek is afgelegd op zaterdag 28 november 2020. Tot zeven maanden na de stranding zijn acht veldbezoeken uitgevoerd waarvan steeds verslag is gedaan in tussenrapportages. In dit rapport wordt de eindbalans opgemaakt van zeven maanden monitoring.

De dode dwergvinvis had enkele weken in zee gedreven voordat hij strandde. De ogen ontbraken en ook de baleinen zaten niet meer in de bek. De tong was opgezwollen en de huid had schaafwonden door het schuren over het strand. Op basis van de uiterlijke kenmerken werd het walviskadaver op 28 november 2020 in *Decomposition Condition Category* (DCC) CODE 3 ingedeeld; '*moderate decomposition'*. Het volume van de aangespoelde dwergvinvis bedroeg 0,82 m^3. Bij een aangenomen dichtheid van 1000 kg/m^3 komt dit overeen met 0,82 ton. Vergeleken met referentiemetingen is dit een relatief laag gewicht voor de lengte (4,70 m) van de dwergvinvis. Het lage gewicht kan verklaard worden doordat het gevonden individu mager was terwijl referentiemetingen afkomstig zijn van gezonde gevangen exemplaren uit de walvisindustrie. Er is geen sectie gedaan om de conditie van het dier vast te stellen. Ook is de maaginhoud niet onderzocht om na te gaan of het dier nog tot zijn dood had gegeten.

Drie weken na de stranding (midden december 2020) vertoonden de rode schaafwonden aan de huid ontkleuring door degradatie van bloed. Ongeschonden delen van de donkergrijze huid werden grauwer van kleur. De achterrand van de staart was verkleurd naar lichtgrijs. Het gehemelte was aan het verkleuren van (vers) rozerood naar bruin en dit gebeurde van binnen naar buiten. De tong was nog meer gezwollen en had vooral de onderkaak weggeduwd waardoor de bek van het kadaver verder open stond. Het volume van het kadaver was in de eerste maand toegenomen tot 0,92 m^3. De enige vogelsoorten die werden gezien bij het kadaver waren ekster en zwarte kraai.

Na twee maanden (eind januari 2021) waren sporen van vraat door vogels te zien. Zowel in de linker- als rechteronderkaak was het bot blootgelegd door vogels die op het kadaver, of op de grond naast het kadaver hebben gestaan. De staartvin was rafelig aangevreten en een losliggende lap huid was verdwenen. De zwelling van de tong was afgenomen en de onderkaak was meer gesloten. Het kadaver was aan de voorzijde ingevallen waardoor een kommetje ontstond waarin regenwater bleef staan. De opperhuid was wit en bruin verkleurd. De delen van de huid die tijdens het aanspoelen reeds geschonden waren, vertoonden de grootste verkleuring. Op basis van de uiterlijke kenmerken werd het walviskadaver in DCC CODE 4 ingedeeld; '*advanced decomposition*'. Het karkas was nog intact maar ingevallen, de opperhuid liet los en er was een sterke geur benedenwinds van het kadaver tot op 30 m. Het volume van het kadaver was afgenomen tot 0,72 m^3, wat lager is dan volume bij aanspoelen. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren ekster, zwarte kraai, grote mantelmeeuw, zilvermeeuw en buizerd.

Na drie maanden (eind februari 2021) was het kadaver roodbruin verkleurd. Dit werd veroorzaakt door chemische reacties die optreden in de afbraak van vetten, vetzuren en aminozuren. Eerder vertoonden alleen de staart, de borstvin en de relatief dunne huid van de kaken sporen van vraat. Nu waren er ook

vraatsporen op enkele andere plekken in de huid te zien. Deze plekken bevonden zich met name aan de achterzijde en op 'pikhoogte' van eksters en kraaien waar ze naast het kadaver op de grond hebben gestaan. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren ekster, zwarte kraai, scholekster en zilvermeeuw.

Na vier maanden (eind maart 2021) was de kleur van de huid donkerder bruin geworden en de huid begon op steeds meer plaatsen zwart te kleuren. Daarnaast waren er zwarte en witte plekken op de huid te zien. De tong was minder gezwollen en begon zwart te verkleuren. De onderkaak was verder kaalgepikt door vogels en het bot kleurde zwart. De huid was op steeds meer plaatsen aangepikt, maar nog steeds zonder grote gaten. Op het kadaver werden veel plekken met een witte kleur en een schimmelachtige structuur waargenomen. Dit betrof waarschijnlijk 'zoutuitbloei' van salpeter (kaliumnitraat) wat bekend is van de witte aanslag op muren en werd veroorzaakt door uittreding van kalium en ammonium uit de huid van het kadaver. In de duinvegetatie werden geen extra planten geregistreerd die wijzen op een toename van de beschikbaarheid van voedingsstoffen. Veranderingen in de samenstelling van soorten waren seizoensgerelateerd. Nabij het kadaver was de vegetatie bedekt met een olieachtige laag. De vegetatie die vlakbij het kadaver stond leek te zijn aangetast. Deze zone strekte zich uit tot een afstand van ca. 25 cm van het kadaver. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren zwarte kraai, ekster, scholekster, zilvermeeuw, roodborst, merel, houtsnip, holenduif en zwarte roodstaart.

Na vijf maanden (eind april 2021) was de huid van het kadaver nog steeds grotendeels intact. De verkleuring zette door naar nog donkerder bruin. De vorm van het kadaver was platter en meer ingevallen. De tong was zwart en verschrompeld. De zoutuitbloei met witte pluizige structuren was op veel plaatsen aanwezig. Op de plek waar de tong op de grond lag was het duinzand zwart gekleurd en de vegetatie verdord. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren zwarte kraai, ekster, scholekster, zilvermeeuw, roodborst, merel, zwarte roodstaart, wilde eend, bergeend, eider, tapuit, zanglijster, koperwiek en fitis/tjiftjaf. Voor het eerst werden vliegen aangetroffen die hun eieren afzetten in aas; een paar honderd vliegenmaden van de familie van de bromvliegen werden gevonden in potvallen, die voor dit onderzoek rond het kadaver waren geplaatst.

Na zes maanden (eind mei 2021) was het kadaver aanzienlijk platter geworden. Alle interne organen leken verteerd en vervloeid te zijn. Op basis van de uiterlijke kenmerken werd het walviskadaver in DCC CODE 5 ingedeeld; '*mummified or skeletal remains*'. De huid lag gedrapeerd over de botten en de organen waren geheel of gedeeltelijk verdwenen, te oordelen aan het kleine volume van 0,37 m^3. Er werden geen op schimmel lijkende witte pluizige structuren meer waargenomen op de huid, maar nog wel een platte witte korst. Het verdwijnen van de zoutuitbloei kan verklaard worden door toegenomen regenval, immers, kaliumnitraat is een goed oplosbaar zout. In de bodem werden verhoogde gehalten aan natrium en kalium gevonden, afkomstig uit organen, bloed en lymfevocht van de walvis. Daarnaast werden verhoogde gehalten gemeten van koolstof en de nutriënten fosfor, zwavel en stikstof (met name ammonium). Veranderingen in de aanvoer van onder meer organische stof en nutriënten maken dat de biologische beschikbaarheid van elementen kan veranderen zoals werd waargenomen bij de elementen vanadium en arseen. Geen verhoging werd gevonden voor het gehalte cadmium in de bodem. Afgetekend tegen het vers opgekomen groen in de omgeving van het kadaver viel de zone van dorre vegetatie in de directe nabijheid van het kadaver op. Dit kwam waarschijnlijk door het hoge gehalte aan ammonium dat werd gemeten in de bodem. Vlak buiten de zone van dode vegetatie profiteerden voorjaarsbloeiers en grassen juist van een extra toevoer van nutriënten; de vegetatie was groener en sommige soorten waren vitaler dan normaal. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren scholekster, ekster, zwarte kraai, zanglijster, kramsvogel en kneu. Waar tot nu toe weinig kevers werden gevangen in de potvallen, werden nu hoge aantallen van 28 soorten kevers gevangen. Hierbij zaten enkele exemplaren die gespecialiseerd zijn in huid (*Dermestes frischii)* en botten (*Omosita colon*).

Na zeven maanden (begin juli 2021) was het kadaver sterk ingevallen, letterlijk vel over been. De huid lag als een lap leer gedrapeerd over de botten en was nog steeds grotendeels intact. De contouren van ribben waren zichtbaar in de huid. Dorre vegetatie tekende zich af tot 23 cm rondom het kadaver en het gebied was bedekt met geelachtig dood plantmateriaal en in sommige delen vogeluitwerpselen van foeragerende vogels of van vogels die het kadaver als uitkijkplek gebruiken. Er was geen ontkieming of

uitlopen van vegetatie in de directe nabijheid van het kadaver. Ook grassen die typisch nieuwe gebieden koloniseren met hun kruipende ondergrondse wortelstokken, waren niet te vinden binnen de dode zone, wat wijst op zeer ongunstige bodemgesteldheid en ongunstige groeiomstandigheden. De dode zone breidde zich niet uit aan de heuvelopwaartse, duingeoriënteerde kant van het kadaver, maar aan de benedenzijde was het gebied rond de kop van het walviskadaver in grootte toegenomen. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren scholekster, ekster, zwarte kraai, witte kwikstaart, spreeuw en eider. Hoge aantallen kevers van 35 soorten werden gevangen waaronder 3 soorten aaskevers (Silphidae), de krompootdoodgraver (*Nicrophorus vespillo*), oeveraaskever (*Necrodes littoralis*) en *Thanasphilus sinuatus* (geen Nederlandse naam). Deze (grotere) kevers zijn nog niet eerder op Rottumerplaat waargenomen. Er werden grote aantallen aangetroffen van de 'huid-eter' *Dermestes frischii* en de 'botten-knager' *Omosita colon*.

Evaluatie van het afbraakproces

De afbraak van een dwergvinvis in de duinen van Juist geeft een indicatie van toekomstige ontwikkelingen. Op basis hiervan is de verwachting dat, als het kadaver ter plaatse blijft liggen, eind 2022 de schedel bloot komt te liggen, maar dat dan nog niet al het weefsel van het lijf is ontbonden. Eind 2023 is er naar verwachting nog steeds veel niet-ontbonden huid overgebleven. Eind 2024 zijn er naar verwachting losse skeletdelen te zien, maar die zijn dan nog niet helemaal schoon van weefselresten. Pas eind 2026 zijn naar verwachting de botten schoon.

Evaluatie van overlast door geur en ontploffingsgevaar

Vlak na het aanspoelen was de geur van het kadaver niet sterk, passend bij DCC CODE 3. De geur werd sterker toen het kadaver in DCC CODE 4 kwam. De geur was echter nooit een overweldigende stank. Benedenwinds van het kadaver was het goed waarneembaar vanaf een afstand van ongeveer 10-30 m. De vogelwachters die hun onderkomen hadden op 45 m afstand van het kadaver fungeerden als geursensoren. Op sommige dagen met een milde wind uit het zuidwesten kon de geur in de duinkom van het vogelwachtersonderkomen blijven hangen. De geur was dan niet intensief maar wel onprettig om lange tijd in te verblijven. Het is waarschijnlijk dat er een hevigere geur ontstaat bij een kadaver van een grotere walvis, of wanneer een walvis in de zomer strandt, bij hogere temperaturen.
Er bestaat een vermeend gevaar op ontploffen van een kadaver tijdens de ontbinding. Dit kan zich voordoen bij vers aangespoelde dieren door de opeenhoping van ontbindingsgassen. Meestal leidt de drukopbouw binnen het kadaver tot het sissend ontsnappen van de gassen uit openingen zoals mond, blaasgat of anus. Ontploffingen doen zich voor zover bekend uitsluitend voor wanneer iemand met een scherp voorwerp in de walvis steekt, of wanneer een kadaver wordt verplaatst of vervoerd.

Evaluatie van de biodiversiteit

Het kadaver zelf vormde geen feestmaal voor vogels. Normaal gesproken worden kadavers van bijvoorbeeld zeehonden en bruinvissen door vogels opengemaakt en leeggegeten. Echter, de huid van de walvis leek te stevig om opengepikt te worden door vogels. Zoogdieren als muizen, ratten, wilde zwijnen of vossen, die het kadaver voor andere aaseters (zoals vogels) kunnen openen, komen op Rottumerplaat niet voor. De meest waargenomen vogels waren scholekster (40%), ekster (32%) en zwarte kraai (21%). Vogelsoorten die zijn geregistreerd als foeragerend op het kadaver zijn zwarte kraai, scholekster, zilvermeeuw, grote mantelmeeuw, ekster, zwarte roodstaart en kramsvogel. Het vaakst werd zwarte kraai gezien (54%), daarna ekster (28%) en vervolgens grote mantelmeeuw (11%). Deze vogelsoorten komen af op het vlees van het kadaver. Foeragerende scholekster, zwarte roodstaart en kramsvogel komen af op de insecten of de maden die op het kadaver te vinden zijn, waarbij een scholekster zijn snavel diep in het kadaver stak, vermoedelijk om insectenlarven (maden) uit dit "substraat" te bemachtigen. Insectenetende vogels werden ook foeragerend in de vegetatie naast het kadaver waargenomen. De insectenfauna van het kadaver trok diverse vogelsoorten aan. In totaal werden 26 vogelsoorten gezien.

Vanaf april 2021 werden aasvliegen gevonden. Grote aantallen larven van vleesvliegen en bromvliegen werden in de potvallen gevangen. Bij het kadaver werden ook pissebedden, oorwormen, duizendpoten en miljoenpoten aangetroffen. Dit zijn alle algemeen voorkomende soorten die je in duingebied kan verwachten. In de potvallen is een groot aantal kevers aangetroffen, in totaal 1377 exemplaren van 57 soorten. Een flink aantal (21) van die soorten is nieuw voor Rottumerplaat. Er werden 3 soorten aaskevers (Silphidae) gevonden; de krompootdoodgraver (*Nicrophorus vespillo*, 1 ex.), oeveraaskever

(*Necrodes littoralis*, 2 ex.) en *Thanasphilus sinuatus*, 1 ex. (geen Nederlandse naam). Er werden ook hoge aantallen aangetroffen van de 'huid-eter' *Dermestes frischii* en de 'botten-knager' *Omosita colon.* Daarnaast werden enkele exemplaren van vleesetende kortschildkevers van de genera Philonthus, Ocypus en Quedius nabij het kadaver gevonden.

Het laten liggen van een walviskadaver blijkt van hoge waarde te zijn voor de biodiversiteit aan kevers. In vergelijking met kleinere kadavers zoals van vogels of landzoogdieren trok dit grote kadaver hoge aantallen kevers aan, zoals bleek uit potvallen. Omdat het lang blijft liggen kunnen meerdere generaties kevers worden grootgebracht. En er zullen nog lange tijd huid- en botresten blijven liggen die nog andere gespecialiseerde keversoorten kunnen aantrekken.

Evaluatie van verrijking van de bodem
Voor een aantal elementen werd een significant hoger gehalte in de bodem waargenomen een half jaar na stranding (T1) in vergelijking met T0 waarbij ook een significant interactie-effect met de afstand van de monsterpunten tot het kadaver werd gevonden. We interpreteren dit als een waarschijnlijk effect van het kadaver. Voor de metalen geldt dit voor zowel het totaalgehalte als het biologisch beschikbaar gehalte van natrium en kalium. Een mogelijke bron van deze zouten vormen de organen, het bloed en het lymfevocht van de walvis. Daarnaast werd een waarschijnlijk effect gevonden op het biologisch beschikbaar bodemgehalte van vanadium en arseen.

Bij de niet-metalen is een significant verschil gevonden tussen T1 en T0 in samenhang met een significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver voor het biologisch beschikbaar gehalte koolstof, totaalgehalte fosfor, biologisch beschikbaar orthofosfaat, biologisch beschikbaar zwavel, totaal beschikbaar stikstof en biologisch beschikbaar ammonium. Verhoogde waarden van nutriënten worden veroorzaakt door het in de bodem sijpelen van organisch materiaal afkomstig van de weefsels van de walvis.

Evaluatie van cadmium in de bodem
Een reden waarom een aangespoelde walvis wordt beschouwd als afval en moet worden opgeruimd is dat deze dieren een hoog gehalte aan cadmium in organen en skelet opgeslagen kunnen hebben en derhalve als chemisch afval beschouwd moeten worden (MinVenW, 2007). In de bodemmonsters op Rottumerplaat werd na een periode van zeven maanden geen biologisch beschikbaar cadmium gevonden en geen verhoging van het totaalgehalte cadmium t.o.v. de T0. De dwergvinvis op Rottumerplaat heeft tijdens de huidige monitoring niet geleid tot vervuiling van de bodem met cadmium.

Evaluatie van vegetatieontwikkeling
Het duin waarin het kadaver werd neergelegd bestond uit verstoorde grond en betrof reeds een voedselrijk duin met veel konijnenkeutels. Veranderingen van de vegetatie bij het kadaver waren voornamelijk het gevolg van seizoenseffecten en begrazing door konijnen. Daarnaast trad er sterfte van vegetatie op in een zone tot 23 cm rondom het kadaver. Dit hangt vermoedelijk samen met de hoge gehalten aan ammonium. Vlak buiten de zone van dode vegetatie was er in het voorjaar (april en mei) juist een versnelde groei en hoge vitaliteit van voorjaarsbloeiers als gevolg van verhoogde toevoer van stikstofverbindingen. Er waren geen ontwikkelingen in de morfologie van het duin omdat er geen stuivend zand was.

Aanbevelingen
Om te bepalen of en waar een walviskadaver een plaats kan krijgen in de natuur om een natuurlijke afbraak mogelijk te maken doen wij de volgende aanbevelingen:

1. Voer T0-studies uit naar de biodiversiteit op de door PRW geïdentificeerde meest geschikte locaties voor walviskadavers.
2. Stel vast of en voor welke redenen het bij een volgende gelegenheid zinnig zou zijn om het kadaver te openen, bij het neerleggen.
3. Breng in kaart welke vergunningen (plaatselijk) nodig zijn en/of welke wijzigingen aan wet- en regelgeving nodig zijn. Neem het laten liggen van een walviskadaver expliciet op in een herziene 'Leidraad stranding levende grote walvisachtigen'.
4. Stel een "cadmiumprotocol" op voor de mogelijkheid tot het laten liggen van een grotere en oudere walvis.

5. Overleg met beheerders en leg vast wat er nodig is voor toezicht en handhaving bij kadavers.
6. Stel een kadaverprotocol vast, met onder meer richtlijnen hoe adaptief of mitigerend gehandeld wordt bij geuroverlast of andere risico's.
7. Stel een meetplan voor toekomstig te volgen walviskadavers vast.
8. Zet de monitoring van het kadaver op Rottumerplaat voort in een minder hoge frequentie, bijvoorbeeld ieder kwartaal.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Een kadaver van een 4,70 m lange, mannelijke jonge dwergvinvis (*Balaenoptera acutorostrata*) spoelde aan op de westkant van de Rottumerplaat en werd als eerste opgemerkt door een visserman op woensdag 25 november 2020. Na de melding van de visserman zijn medewerkers van de WaddenUnit van ministerie LNV ter plaatste gegaan om de situatie te bekijken (Figuur 1). Hieruit resulteerde een melding aan de strandingscoördinator van LNV en aan betrokken (onderzoek)instanties in lijn met de 'Leidraad stranding grote levende walvisachtigen 2020' (MinLNV, 2020). In samenspraak met het ministerie van LNV en Staatsbosbeheer besloot Rijkswaterstaat het dier niet te bergen, maar om het kadaver op een veilige plek te laten liggen. Rottumerplaat bood namelijk een unieke kans voor monitoring van het kadaver en de impact die het heeft op de natuur. Het kadaver kon niet op het strand blijven liggen omdat er dan een risico is op terugspoelen in zee waarna het een gevaar voor de scheepvaart kan vormen. Na onderling overleg is het kadaver nog dezelfde nacht verplaatst met het vaartuig van de WaddenUnit MS Harder naar de zuidoostpunt van Rottumerplaat. Hier is het met een trekker versleept naar het duin op positie N53.5343°, E006.5058° op een hoogte van 4,5 m +NAP nabij de vogelwachterspost (Figuur 2). Rijkswaterstaat Noord-Nederland nam de verantwoordelijkheid over het kadaver met de bedoeling het te laten ontbinden en het natuurlijke ontbindingsproces te monitoren.

Vanwege het experiment kon er geen sectie gedaan worden om de doodsoorzaak van het dier vast te stellen. Er is geen sectie gedaan om de conditie van het dier vast te stellen (Castrillon & Bengtson Nash, 2020). De maaginhoud kon niet worden onderzocht om na te gaan of het dier nog tot zijn dood had gegeten. Ook de leeftijd kon niet goed worden vastgesteld (Nielsen et al., 2018). Afgaande op de afmetingen was de vermoedelijke leeftijd tussen 1,5 en 2,5 jaar.

Figuur 1. *Het walviskadaver, kort na de eerste melding. 25 november 2020. Foto: WaddenUnit LNV.*

Figuur 2. *Het walviskadaver in het duin nabij de vogelwachterspost op Rottumerplaat op 28 november 2020. Foto: Martin Baptist.*

1.2 Onderzoeksvragen

Rijkswaterstaat vroeg Wageningen Marine Research (WMR) daags na de stranding om de ecologische gevolgen van de ontbinding van het walviskadaver te onderzoeken. WMR beschikt over de benodigde ontheffingen om onderzoek aan een beschermd zeezoogdier uit te voeren.

Rijkswaterstaat leverde onderstaande onderzoeksvragen aan, met suggesties voor onderzoeksmethoden en frequentie van bezoeken:

Onderzoeksvraag	Toelichting	Methode	Frequentie
Verloop natuurlijke afbraak proces	Wat is de evolutie van het afbraakproces? Hoe snel gaat het, hoe werkt het (ontploft het kadaver ook?), hoe lang duurt het? Beschrijving van de geur over de tijd.	time lapse	maandelijks
Soorten interacties	Welke soorten profiteren van het kadaver, welke functies heeft het kadaver en hoe is de successie van soorten?	camera	maandelijks met vogelteller mee naar Rottums
Biodiversiteit verhoging	Hoeveel soorten maken gebruik van het kadaver? Soorten tellen		maandelijks met vogelteller mee naar Rottums

Hoe beïnvloedt het kadaver ondergrond chemisch	Is er een injectie van nutriënten en mineralen? Hoe verschilt dit van de omgeving? Welke soorten profiteren daarvan?	sediment core	6 maandelijks
Hoe beïnvloedt het kadaver de morfologische ontwikkelingen?	Wat zijn de gevolgen voor erosie, sedimentatie, duinvorming		maandelijks met vogelteller mee naar Rottums
Wordt het skelet gebruikt door soorten?	Welke specifieke soorten gebruiken het skelet?	camera	? (laatste stadium en van lange duur)

De onderzoeksvragen richtten zich op verschillende ruimtelijke schaalniveaus van processen, zowel op grotere ruimtelijke schaal (duinvorming, kadaverontbinding) als kleinere ruimtelijke schaal (maden, nutriënten). Voor de beantwoording van de vragen is een meetprogramma ingericht met behulp van wildcamera's die het ontbindingsproces dag en nacht in beeld brengen. Ook was het vereist om maandelijks in het veld ter plaatse te zijn om monsters te nemen, metingen te verrichten of om batterijen en geheugenkaarten te verwisselen. Sommige meettechnieken geven antwoord op meerdere van bovenstaande onderzoeksvragen. De combinatie van technieken geeft het beste overzicht van de processen in tijd en ruimte en gaat efficiënt om met mensen en middelen.

Een meetplan voor de monitoring werd opgeleverd door WMR op 27 november 2020. Een eerste veldbezoek werd afgelegd op zaterdag 28 november 2020 door Martin Baptist, Hans Verdaat en Nicole Janinhoff. Een meetverslag van het eerste veldbezoek werd opgeleverd op dinsdag 1 december 2020. Tot zeven maanden na het aanspoelen zijn acht veldbezoeken uitgevoerd waarvan steeds verslag is gedaan in tussenrapportages die te vinden zijn op https://basismonitoringwadden.waddenzee.nl/pilots-en-projecten/walviskadaver. In dit rapport wordt de balans opgemaakt van de monitoring tussen 28 november 2020 en 9 juli 2021.

1.3 Strandingen van walvissen

Op de Nederlandse kust spoelen regelmatig walvissen aan, waarvan verreweg de meeste de bruinvis betreffen. Alle strandingen worden bijgehouden op www.walvisstrandingen.nl door coördinator Guido Keijl van Naturalis Biodiversity Center.

Dwergvinvissen behoren tot onze vijf inheemse walvissoorten samen met bruinvis, tuimelaar, witsnuitdolfijn en bultrug (Camphuysen & Peet, 2006; Leopold et al., 2018). Meer informatie over de soort is online te vinden op: www.walvisstrandingen.nl/soort/dwergvinvis.
Dwergvinvissen spoelen niet frequent aan op de Nederlandse stranden, gemiddeld één individu per jaar sinds 2000. In *Tabel 1* staan alle gerapporteerde strandingen van dwergvissen in Nederland. Wanneer een lengte niet werd bepaald is, waar mogelijk, door WMR aan de hand van fotomateriaal een geschatte lengteklasse gegeven.

Tabel 1. *Alle bekende strandingen van dwergvinvissen in Nederland sinds 1862.*

#	Datum	Geslacht	Vindplaats	Gemeten lengte (m)	Geschatte lengte (m)
1	01/nov/20	Man	Rottumerplaat	4.7	
2	12/jul/20	Onbekend	Schiermonnikoog		4-5
3	09/jul/19	Vrouw	Schiermonnikoog		4-5
4	08/jul/19	Vrouw	Texel		4-5
5	12/dec/17	Man	Neeltje Jans	6.8	
6	09/dec/17	Vrouw	Zandvoort		6-7
7	14/nov/17	Vrouw	Texel	7	
8	13/apr/17	Man	Vrouwenpolder		

9	12/dec/15	Vrouw	Razende Bol	8.8	
10	07/nov/15	Vrouw	Rotterdam	5.06	
11	12/jun/14	Onbekend	Terschelling		
12	03/apr/11	Man	Breskens	7.6	
13	19/mei/10		Engelsmanplaat		4-5
14	22/aug/09		Ritthem		5-6
15	06/mei/08		Terschelling	6	
16	20/aug/05	Vrouw	Katwijk	4.6	
17	01/aug/05	Vrouw	Texel	10	
18	07/jan/05		Ameland	4.05	
19	15/apr/01	Man	Noordwijk	4.29	
20	30/jul/00		Vlieland		
21	23/jun/98		Texel		
22	20/mrt/98		Terschelling	4.5	
23	01/jul/96	Vrouw	Sint Maartenszee	6.75	
24	25/nov/94	Man	Valkenisse	4.53	
25	19/nov/87	Man	Groote Keeten	8.1	
26	26/okt/74		Petten		
27	01/mrt/51	Onbekend	Urk		
28	01/nov/50		Vlieland	9	
29	03/jan/44		Texel	7	
30	20/nov/42	Vrouw	Noordwijk	8.5	
31	18/nov/42	Vrouw	Scharendijke		
32	17/nov/41		Anjum	9	
33	25/okt/41		Ameland	9	
34	13/jun/41	Vrouw	Wijk aan Zee		7-8
35	01/dec/39		Burghsluis	6	
36	24/sep/39		Ameland	9	
37	23/jul/39	Onbekend	Texel		
38	jan. 1932	Onbekend	Vlieland		
39	12/okt/25	Vrouw	Ameland	9	
40	05/dec/22		Vrouwenpolder	8	
41	aug. 1920	Vrouw	Eems	8.5	
42	feb. 1914		Wieringen	5	
43	okt. 1912		Rottumerplaat		
44	4 mei 1892	Man	Texel	5.8	
45	5 dec. 1886		Vlieland	8.6	
46	10 dec. 1866	Vrouw	Zeedorp		
47	20 dec. 1862	Vrouw	Amsterdam	5	

Wanneer een levende gestrande walvis wordt aangetroffen aan de Nederlandse kust, wordt de 'Leidraad stranding levende grote walvisachtigen' gevolgd indien het een baleinwalvis of een tandwalvis groter dan 3 meter betreft (MinLNV, 2020). Een walvisachtige die levend of dood op de Nederlandse kust strandt, is formeel niemands eigendom (zg. '*res nullius*'). Om die reden neemt de overheid, als Rijksvertegenwoordiger van iedereen, het beheer van het dier op zich. Dit betekent dat het ministerie van LNV zeggenschap over het dier heeft zolang het dier leeft en wanneer het dier is overleden tot en met het postmortale onderzoek. Bij strandingen van grote walvissen, levend of dood, vindt coördinatie plaats door de nationale strandingscoördinator van het ministerie van LNV, Geert Hoogerduijn. Afstemming vindt plaats met diverse (onderzoeks)instanties, waaronder over de vraag of het dier in een collectie moet worden opgenomen, of dat er postmortaal onderzoek nodig is om de doodsoorzaak vast te stellen. Voor dode aangespoelde dieren waar geen postmortaal onderzoek voor wordt gedaan geldt

dat het kadaver wordt overgedragen aan Rijkswaterstaat. Een kadaver wordt dan beschouwd als afval en in de 'Samenwerkingsregeling Bestrijding Kustverontreiniging RWS-diensten' is opgenomen dat een kadaver, normaal gesproken, verwijderd moet worden. Een reden hiervoor is dat "[...] deze dieren een hoog gehalte aan cadmium in organen en skelet opgeslagen hebben en derhalve als chemisch afval beschouwd moeten worden" (MinVenW, 2007).

1.4 Dankwoord

Wij danken de bemanning van de MS Harder, Jan Kostwinner en Freek Jan de Wal van de Waddenunit, voor de veilige overtochten en de hulp bij de veldwerkzaamheden.

Wij danken Peter Nobels, chemisch laborant bij CBLB-WUR, en Paul Romkens, onderzoeker bodemkwaliteit WEnR, voor hun deskundige adviezen over de bepalingen aan de bodemmonsters.

Wij danken Theodoor Heijerman, gepensioneerd WUR Biosystematiek, en Wim Dimmers, Dennis Lammertsma en Ruud van Kats van team dierecologie WEnR, voor hun adviezen over invertebraten en vangstmethoden en voor het verstrekken van potvallen. Dennis heeft de vliegen en muggen uitgezocht en Wim de 'veelpoten'. Een speciaal woord van dank gaat uit naar Jan Burgers die als vrijwilliger alle kevers op naam bracht.

Wij danken Patrick Jansen, Elke Wenting en Yorick Liefting van de Wildlife Ecology and Conservation Group voor hun adviezen over wildcamera's.

Wij danken Dick Forsman voor de determinatie van de moeilijk te determineren roofvogel die een buizerd bleek te zijn.

Wij danken Dr. Oliver Katenhusen en Annika Kruse die de soorten mossen op naam hebben gebracht.

Wij danken de bemanning van de HA2 Pescador voor de overtochten naar Rottumerplaat toen de MS Harder in het dok lag.

Wij danken Jos Houbraken van het Westerdijk Fungal Biodiversity Institute voor de begeleiding in het nemen van schimmelmonsters en het uitzoeken van deze monsters.

Wij danken de vogelwachters van Rottumerplaat Frank Oosterhoff en Addo van der Eijk voor hun hartelijke ontvangst, de hulp bij de veldwerkzaamheden en het vervangen van batterijen.

2 Meetresultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de methoden en resultaten van de uitgevoerde meetactiviteiten teneinde de onderzoeksvragen te beantwoorden. Omdat de onderzoeksvragen een combinatie van meetmethoden vergen is er voor gekozen om de resultaten te structureren langs de meetactiviteiten, *Tabel 2*.

Tabel 2. *Onderzoeksvragen en bijbehorende paragrafen in dit rapport.*

Onderzoeksvragen	Paragraaf
Wat is de evolutie van het afbraakproces? Hoe snel gaat het, hoe werkt het (ontploft het kadaver ook?) Hoe lang duurt het? Beschrijving van de geur over de tijd.	2.2 Fotogrammetrie op de grond 2.3 Wildcamera's 0 Waarnemingen aan staat van ontbinding en geur
Welke soorten profiteren van het kadaver, welke functies heeft het kadaver en hoe is de successie van soorten?	2.3 Wildcamera's 2.4 Bemonstering van invertebraten
Hoeveel soorten maken gebruik van het kadaver?	2.3 Wildcamera's 2.4 Bemonstering van invertebraten
Is er een injectie van nutriënten en mineralen? Hoe verschilt dit van de omgeving? Welke soorten profiteren daarvan?	2.6 Vegetatiekartering 2.7 Bodemmonsters
Wat zijn de gevolgen voor erosie, sedimentatie, duinvorming?	2.1 Fotogrammetrie vanuit de lucht 2.6 Vegetatiekartering
Welke specifieke soorten gebruiken het skelet?	2.3 Wildcamera's 2.4 Bemonstering van invertebraten

2.1 Fotogrammetrie vanuit de lucht

2.1.1 Methoden

Met een drone zijn luchtfoto's gemaakt van het kadaver en de omgeving in een gebied van ongeveer 270 x 135 m. De foto's werden tijdens het vliegen uit verschillende hoeken genomen en overlappen elkaar. Uit deze beelden is een orthomozaïek gemaakt (een samenstelling van loodrechte foto's).

Meetfrequentie
De dronemetingen zijn eenmalig uitgevoerd op 30 november 2020.

Uitvoering
WUR heeft The Fieldwork Company gevraagd als onderaannemer om de dronebeelden te maken, zie https://fieldworkcompany.nl/nl/categorie/drones/. Voor het vliegen met een drone boven Natura 2000-gebied is een ontheffing nodig en er zijn ontheffingen nodig voor de luchtvaartwet. Rottumerplaat ligt in *Restricted Area Marnewaard*. The Fieldwork Company beschikt over een volledige bedrijfsontheffing (ROC).

Beantwoording van onderzoeksvragen

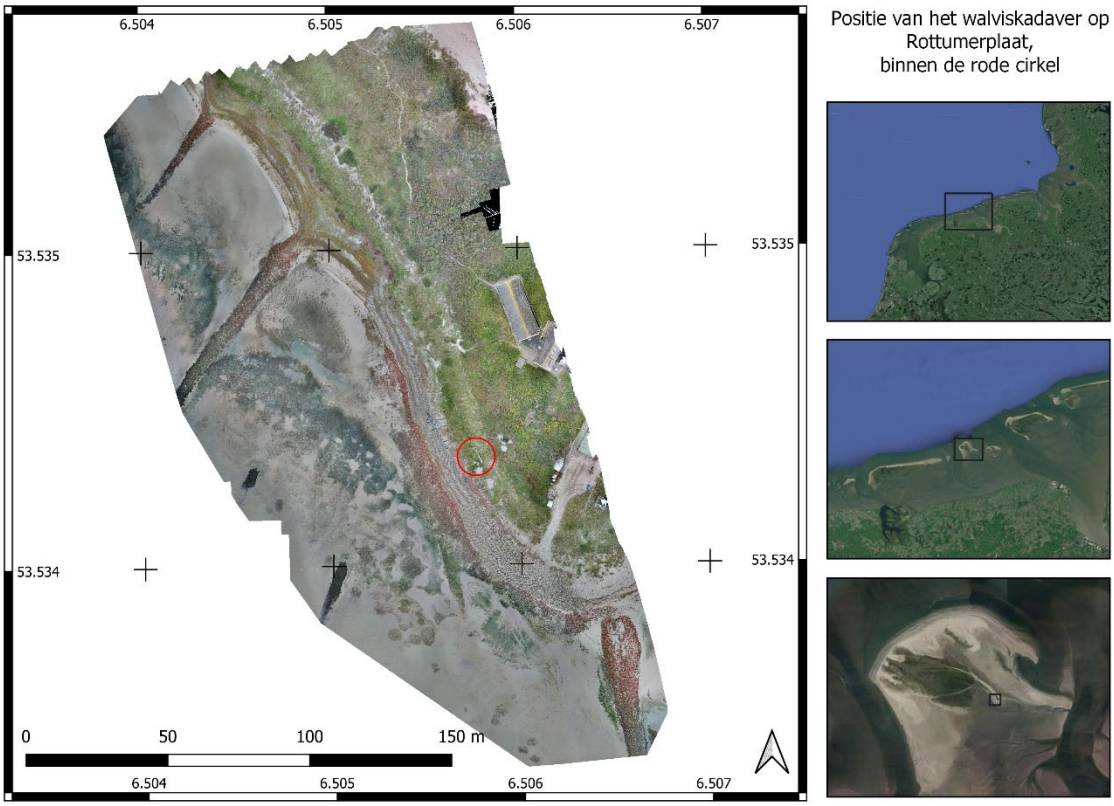
Herhaalde fotogrammetrie vanuit de lucht zou antwoorden kunnen geven voor de onderzoeksvraag:

- Wat zijn de gevolgen voor erosie, sedimentatie, duinvorming?

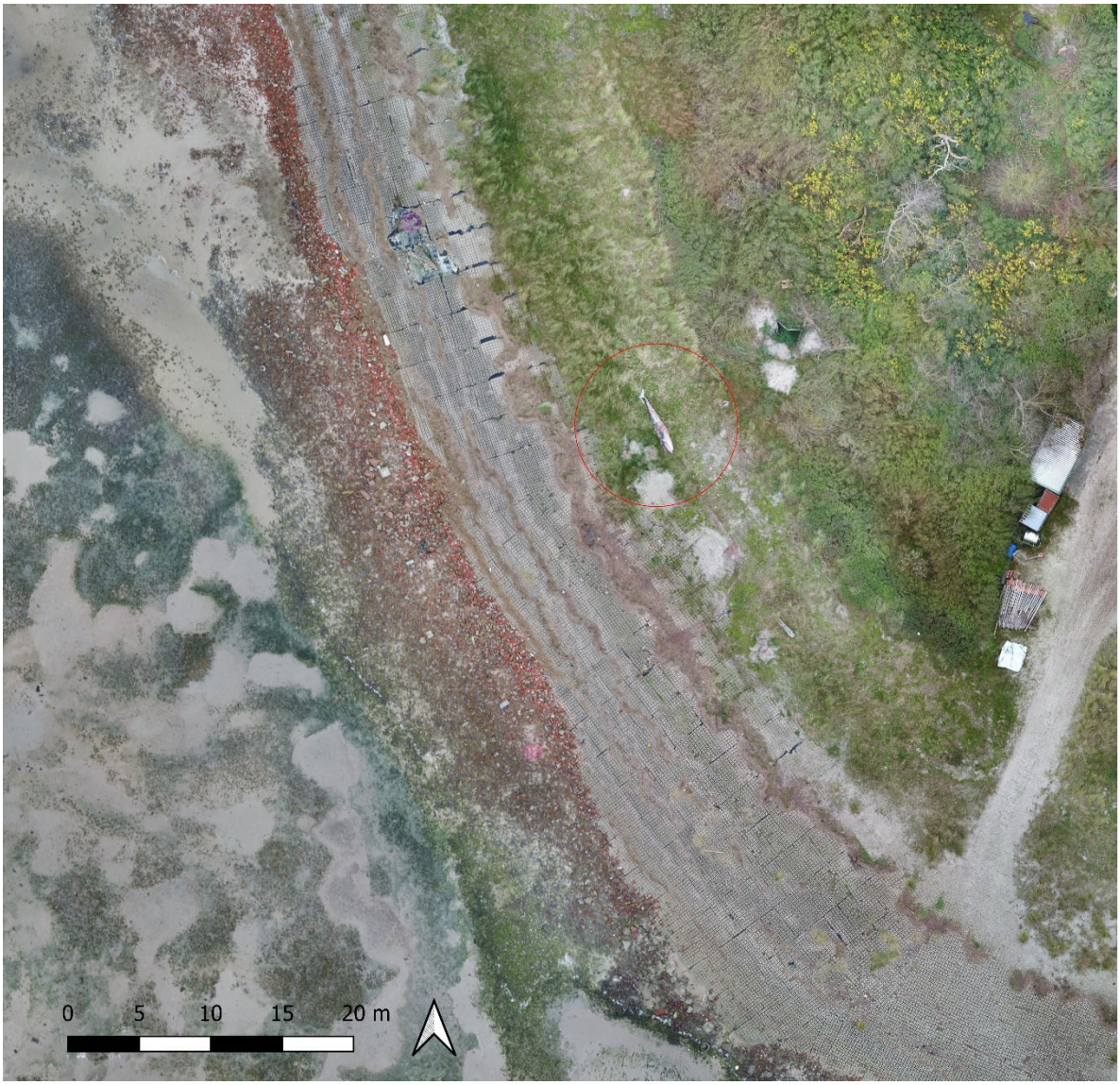
Maar omdat het walviskadaver op een half-natuurlijk duin op een verhard talud ligt, werd aan deze onderzoeksvraag geen vervolg gegeven.

2.1.2 Resultaten

De volledige droneopname die is gemaakt op 30 november 2020 is weergegeven in Figuur 3. Het walviskader ligt op de zuidoostpunt van de stuifdijk op Rottumerplaat, nabij het onderkomen van de vogelwachters. Enkele gebouwen zijn in de foto te zien. Het kadaver ligt in de rode cirkel. Een uitsnede van de droneopname is gegeven in Figuur 4.



Figuur 3. *Droneopname van de omgeving waarin het walviskadaver ligt. Opname door The Fieldwork Company, 30 november 2020.*



Figuur 4. *Uitsnede van de droneopname van de omgeving waarin het walviskadaver ligt. Opname door The Fieldwork Company, 30 november 2020.*

2.2 Fotogrammetrie op de grond

2.2.1 Methoden

Een meetopstelling ontwikkeld door WMR is gebruikt voor het maken van hoge resolutie orthofoto's en 3D hoogtemodellen van het kadaver genomen vanaf de grond. De meetopstelling bestaat uit 2 of 3 camera's die zijn bevestigd aan een lange stang. De camera's hebben een groothoeklens en maken overlappende foto's. De stang met de camera's werd over het kadaver geleid op een hoogte van circa 1 m boven het kadaver. Op en naast het kadaver werden controlepunten (*Ground Control Points*) aangebracht waarvan de hoogte nauwkeurig werd ingemeten met RTK-DGPS met 2 cm nauwkeurigheid in horizontaal en verticaal. Deze controlepunten werden voor iedere fotosessie opnieuw aangebracht en nadien weggehaald. Door middel van fotogrammetrie werd een gedetailleerde 3D-foto van het kadaver gemaakt aan de hand van overlappende foto's. Per compositiefoto werden zo'n 150 individuele opnamen gebruikt. De horizontale resolutie van de compositiefoto was 0,3 – 0,4 mm per pixel. Aan de hand van de hoogtegegevens werd ook een digitaal hoogtemodel van het kadaver gemaakt met een resolutie van 0,6 – 0,8 mm per pixel.

Meetfrequentie
De opnamen werden gemaakt met een frequentie van 1x per maand.

Beantwoording van onderzoeksvragen
De fotogrammetrie op de grond geeft antwoorden voor de onderzoeksvragen:
- Wat is de evolutie van het afbraakproces?
- Hoe snel gaat het, hoe werkt het (ontploft het kadaver ook?).
- Hoe lang duurt het?

Op en naast het kadaver werden *Ground Control Points* gelegd waarvan de positie en hoogte nauwkeurig is ingemeten met een RTK-DGPS, Figuur 5 en Figuur 6. Hierna werd de stang met de camera's over het kadaver geleid, Figuur 7 en Figuur 8.

Figuur 5. *Ground Control Points aangebracht op het kadaver. Foto: Martin Baptist, 28-11-2020.*

***Figuur 6**. Inmeten van Ground Control Points. Foto: Jan Kostwinner, Waddenunit, 16-12-2020.*

***Figuur 7.** Drie fototoestellen met groothoeklens en afstandsbediening voor het maken van de orthofoto's van het kadaver. Foto: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 25-02-2021.*

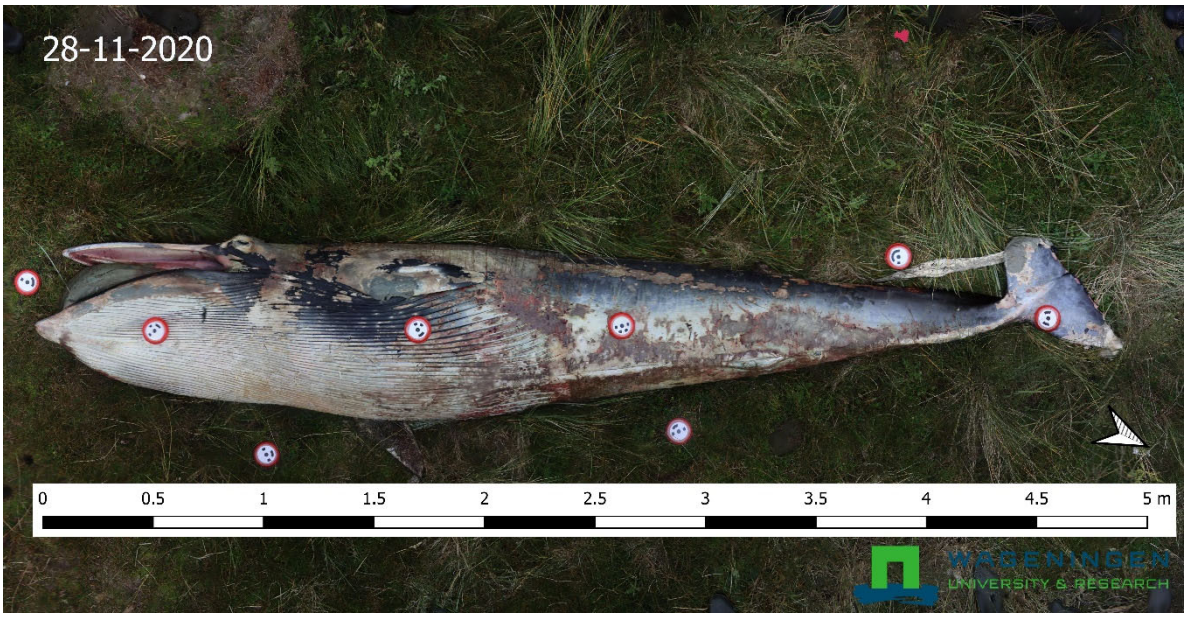
Figuur 8. *Drie fototoestellen aan een lange stang voor het maken van overlappende foto's. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat, 30-03-2021.*

Figuur 9. *Ground Control Points op het walviskadaver. Foto: Marinka van Puijenbroek, Wageningen Marine Research, 28-05-2021.*

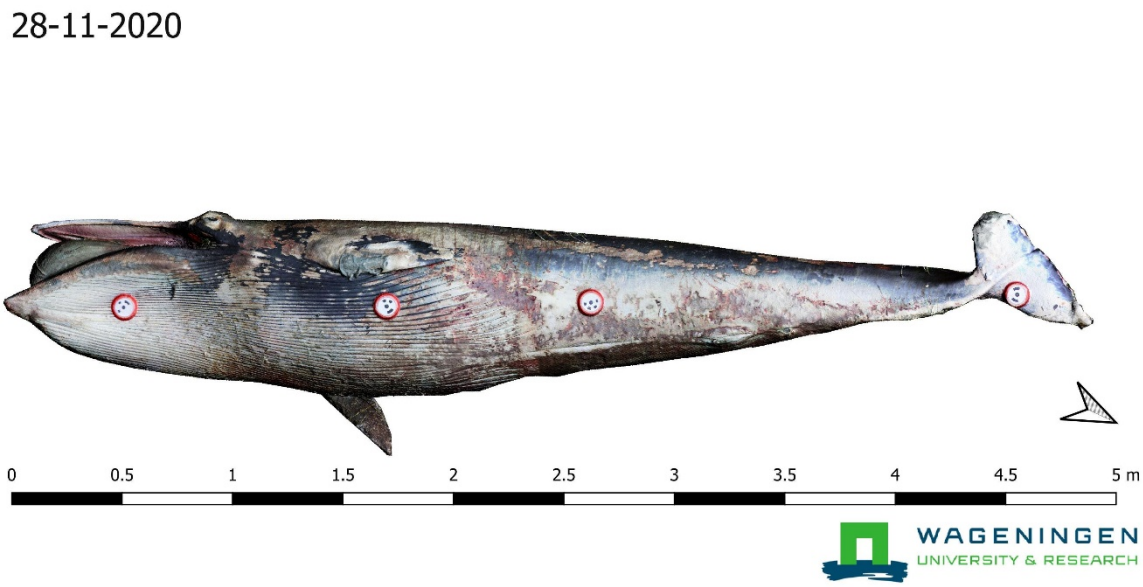
2.2.2 Resultaten

2.2.2.1 T0 op 28 november 2020

Op 28 november 2020 werd de eerste orthofoto gemaakt, Figuur 10. De dwergvinvis had enkele weken in zee gedreven. De ogen ontbraken en ook de baleinen zaten niet meer in de bek. De tong was opgezwollen en de huid had schaafwonden door het schuren over het strand.



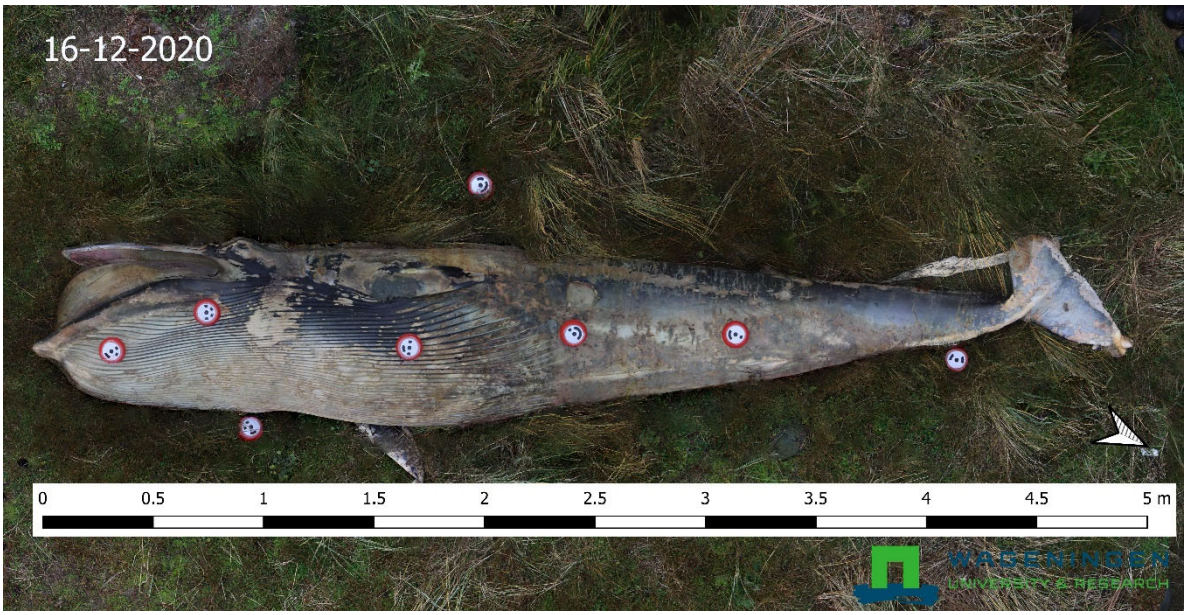
Figuur 10. *Compositie orthofoto van het kadaver op 28-11-2020. Bron: Wageningen Marine Research.*



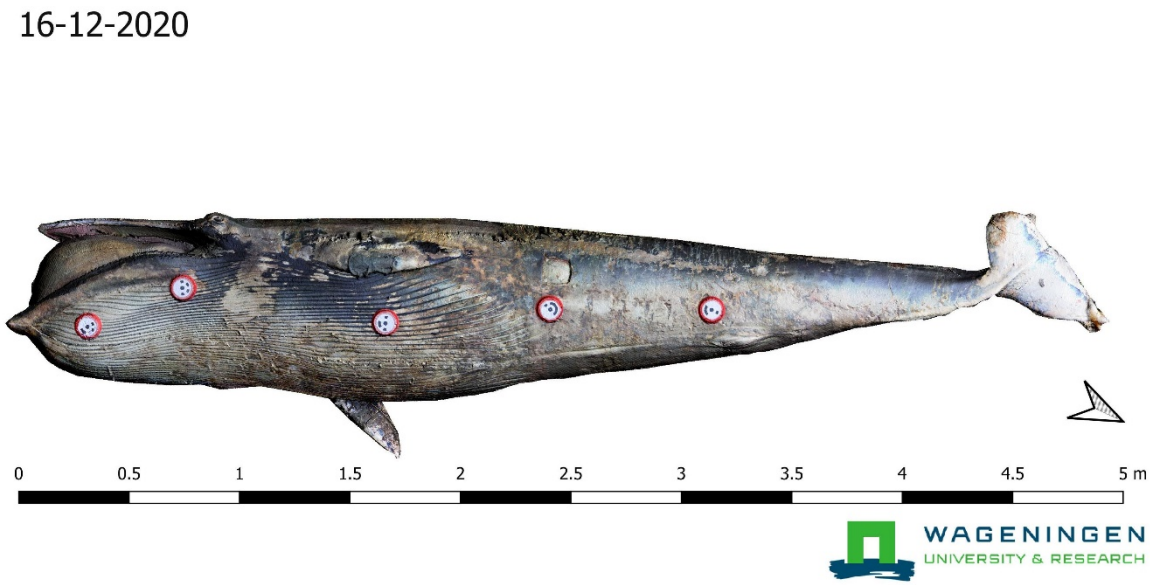
Figuur 11. Uitsnede van het kadaver op 28-11-2020. Bron: Wageningen Marine Research.

2.2.2.2 T1 op 16 december 2020

Drie weken na de stranding werd een tweede detailfoto gemaakt van het walviskadaver, Figuur 12. Er waren nog geen sporen van vraat door vogels. Zelfs niet in de verse wond die gemaakt werd op 28 november bij het wegsnijden van een stuk huid met onderliggend spek van 15x15 cm voor onderzoek. De rode schaafwonden aan de huid - die op 28 november te zien waren - vertoonden ontkleuring door degradatie van bloed. Ongeschonden delen van de donkergrijze huid werden grauwer van kleur. De achterrand van de staart was verkleurd naar lichtgrijs. Het gehemelte was aan het verkleuren van (vers) rozerood naar bruin en dit gebeurde van binnen naar buiten. De tong was nog meer gezwollen en had vooral de onderkaak weggeduwd waardoor de bek van het kadaver verder open stond.



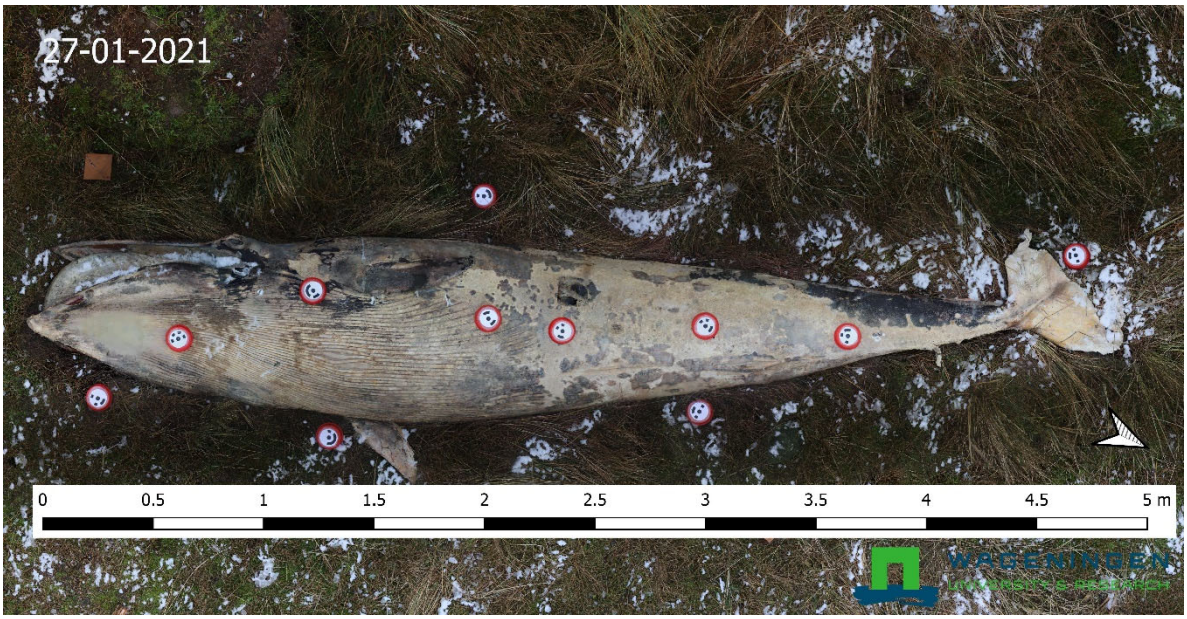
Figuur 12. *Compositie orthofoto van het kadaver op 16-12-2020. Bron: Wageningen Marine Research.*



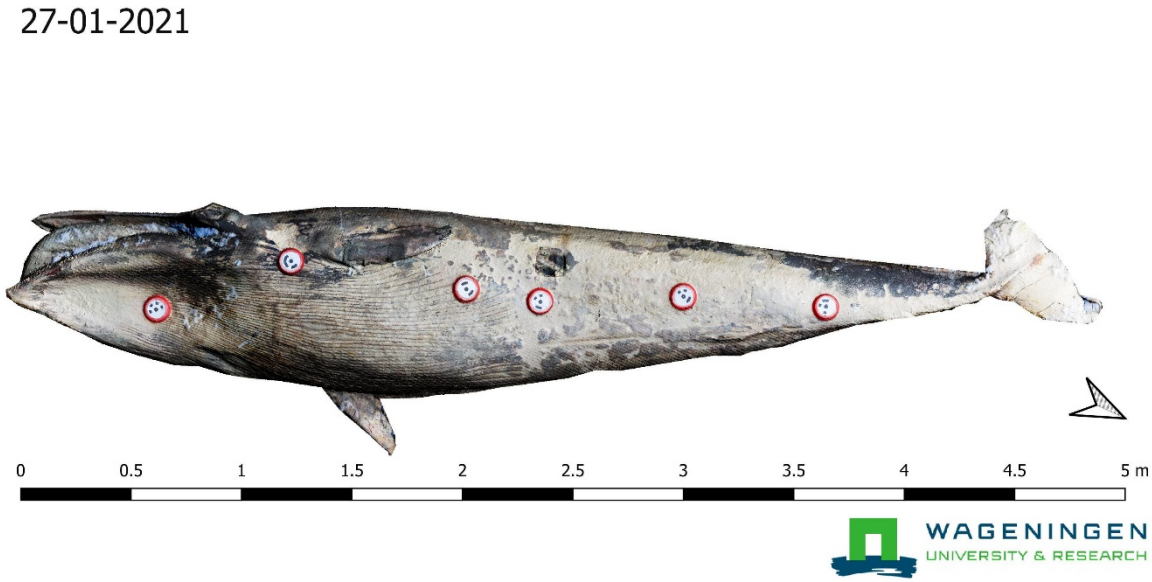
Figuur 13. *Uitsnede van het kadaver op 16-12-2020. Bron: Wageningen Marine Research.*

2.2.2.3 T2 op 27 januari 2021

Twee maanden na de stranding werd een derde detailfoto van het kadaver gemaakt, Figuur 14. Er waren sporen van vraat door vogels te zien. Zowel in de linker- als rechteronderkaak was het bot blootgelegd door vogels die op het kadaver, of op de grond naast het kadaver hebben gestaan. Op de plek waar een lap huid en onderliggend vet ter grootte van 15x15 cm was verwijderd voor onderzoeksdoeleinden was een opening in het kadaver ontstaan. In de opening waren pezen te zien overliggend aan de rugspieren. Door ontbinding vergaat zachter spierweefsel eerder dan de draderige pezen. Aan de achterzijde was een reep huid losgelaten. De staartvin was rafelig aangevreten en een losliggende lap huid was verdwenen. De zwelling van de tong was afgenomen en de onderkaak was meer gesloten. Het kadaver was aan de voorzijde ingevallen waardoor een kommetje ontstond waarin regenwater bleef staan. De opperhuid was wit en bruin verkleurd. De delen van de huid die tijdens het aanspoelen reeds geschonden waren, vertoonden de grootste verkleuring.



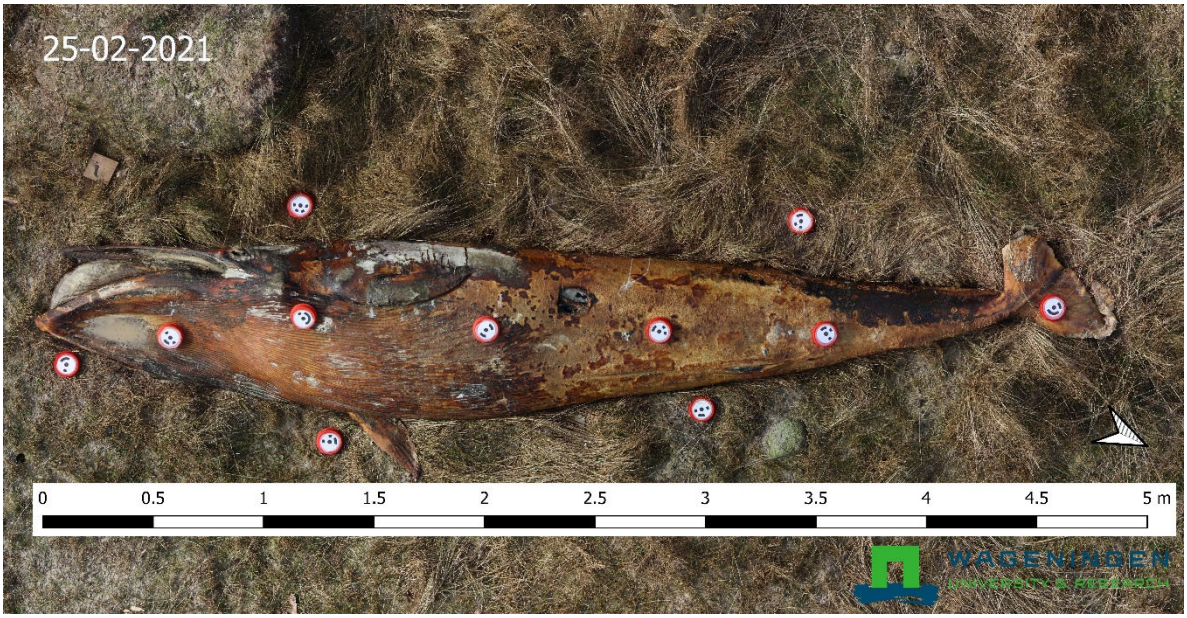
Figuur 14. *Compositie orthofoto van het kadaver op 27-01-2021. Bron: Wageningen Marine Research.*



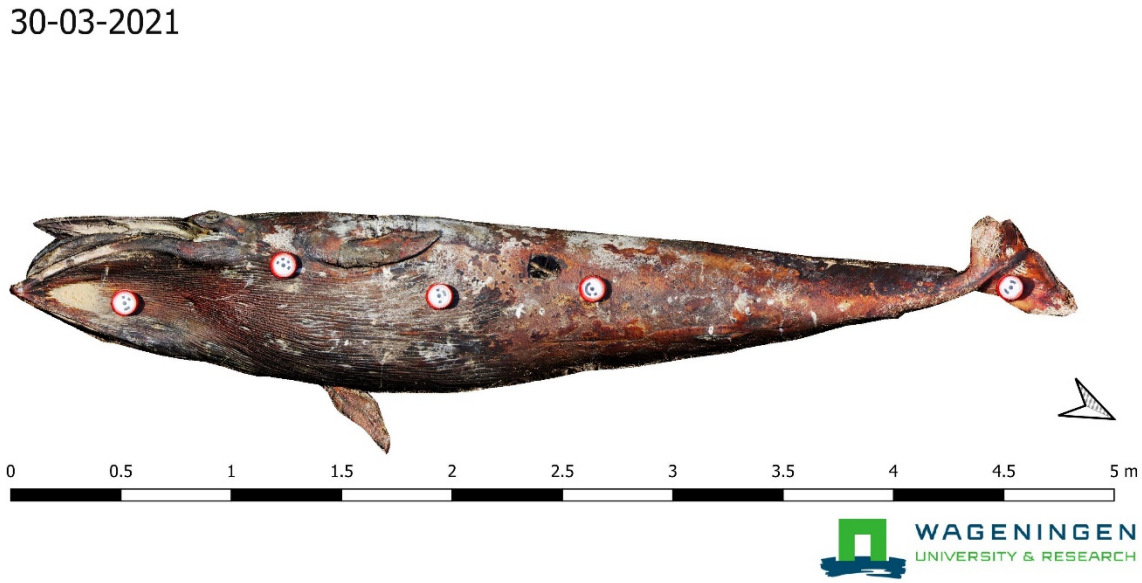
Figuur 15. *Uitsnede van het kadaver op 27-01-2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

2.2.2.4 T3 op 25 februari 2021

Drie maanden na de stranding werd een vierde detailfoto van het kadaver gemaakt, Figuur 16. Wat direct opvalt aan de foto was de roodbruine verkleuring van het kadaver. Dit wordt veroorzaakt door chemische reacties die optreden in de afbraak van vetten, vetzuren en aminozuren. Een bruinverkleuring treedt ook op wanneer vlees of vis te lang buiten de koelkast ligt. De toegenomen temperatuur speelde waarschijnlijk een belangrijke rol in de opgetreden verkleuring; het was 16-17 graden Celsius op Rottumeroog in de week van 22 februari. Het kadaver was nog steeds grotendeels intact. Eerder vertoonden alleen de staart, de borstvin en de relatief dunne huid van de kaken sporen van vraat. Nu waren er ook vraatsporen op enkele andere plekken in de huid te zien. Deze plekken bevonden zich met name aan de achterzijde en op 'pikhoogte' van eksters en kraaien waar ze naast het kadaver op de grond hebben gestaan.



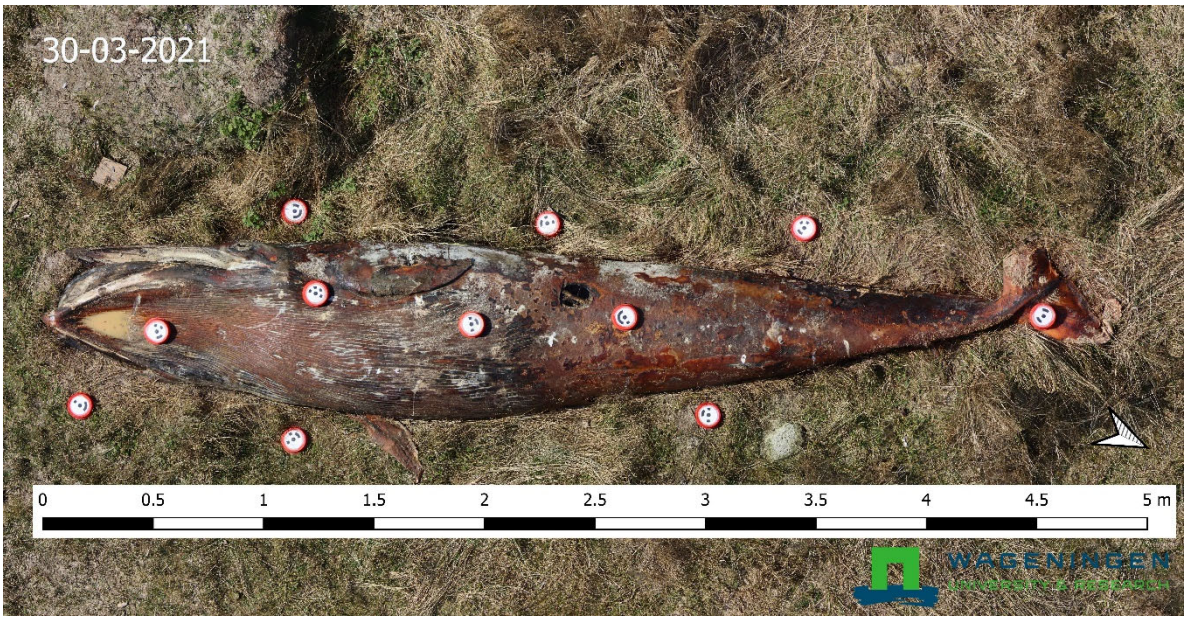
Figuur 16. *Compositie orthofoto van het kadaver op 25-02-2020. Bron: Wageningen Marine Research.*



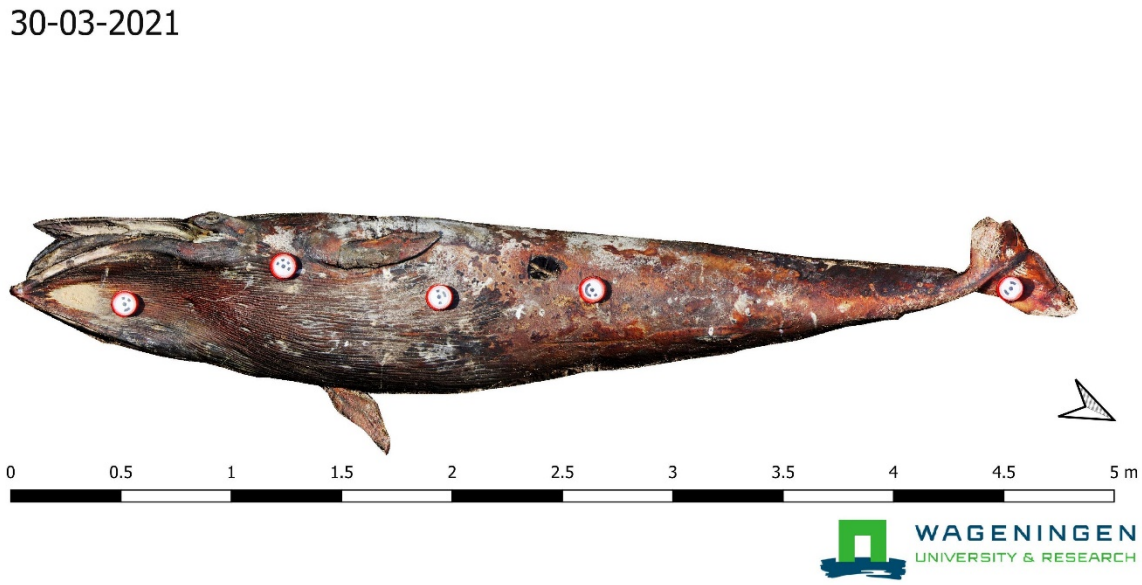
Figuur 17. *Uitsnede van het kadaver op 25-02-2020. Bron: Wageningen Marine Research.*

2.2.2.5 T4 op 30 maart 2021

Vier maanden na de stranding werd een vijfde detailfoto van het kadaver gemaakt, Figuur 18. Vergeleken met een maand eerder waren er geen grote veranderingen. De algehele kleur van de huid was nog donkerder bruin geworden en de huid begon op steeds meer plaatsen zwart te kleuren. Daarnaast waren er zwarte en witte plekken op de huid te zien. De tong was minder gezwollen en begon zwart te verkleuren. De onderkaak, die makkelijk bereikbaar is omdat het kadaver op zijn rug ligt, was verder kaalgepikt door vogels en het onderliggende bot kleurde zwart. De huid was op steeds meer plaatsen aangepikt, maar nog steeds zonder grote gaten.



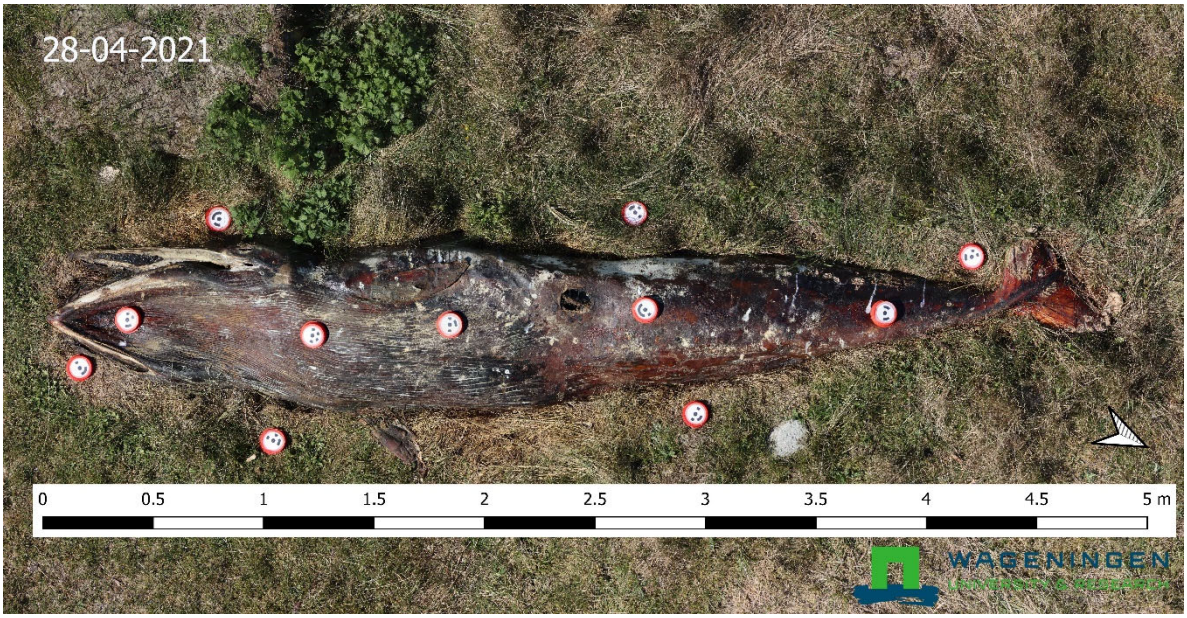
***Figuur 18**. Compositie orthofoto van het kadaver op 30-03-2021. Bron: Wageningen Marine Research.*



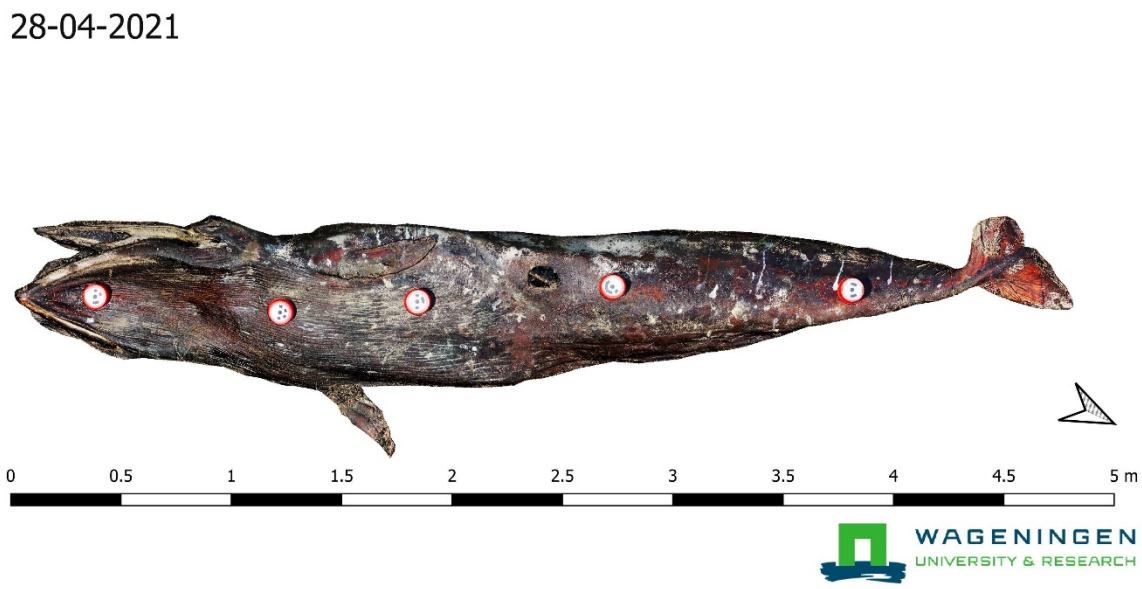
***Figuur 19.** Uitsnede van het kadaver op 30-03-2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

2.2.2.6 T5 op 28 april 2021

Vijf maanden na de stranding werd een zesde detailfoto van het kadaver gemaakt, Figuur 20. Nog steeds was de huid grotendeels intact. De verkleuring van het kadaver zette door naar nog donkerder bruin. De vorm van het kadaver was platter en meer ingevallen. De tong was zwart en verschrompeld. Op de plek waar de tong op de grond lag was het duinzand zwart gekleurd en de vegetatie verdord. Dorre vegetatie tekende zich af rondom het kadaver.



Figuur 20. *Compositie orthofoto van het kadaver op 28-04-2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

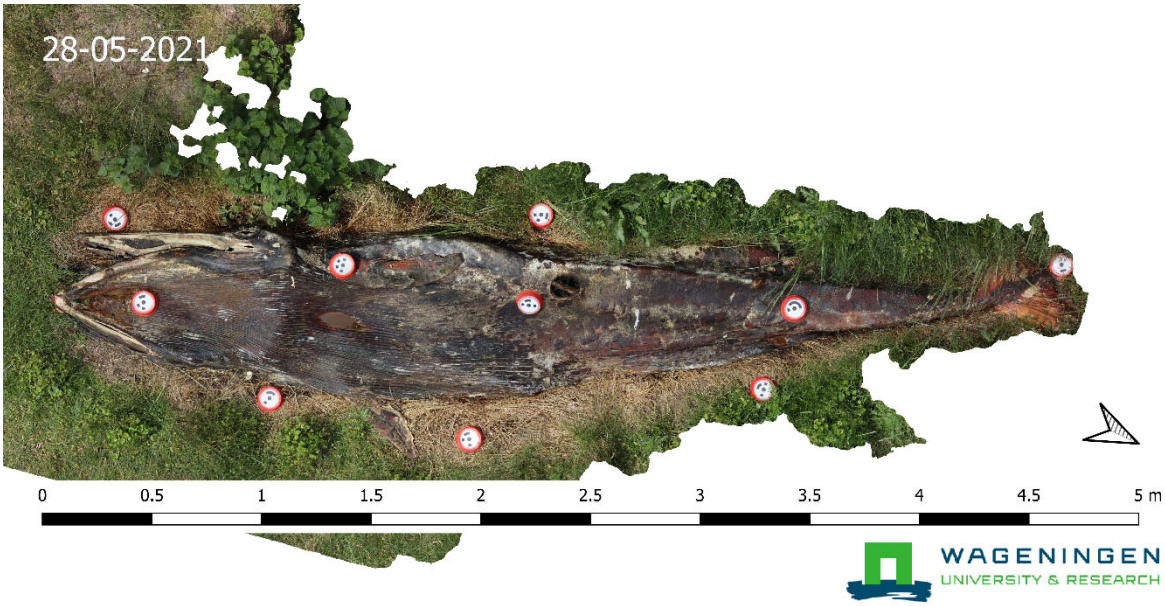


Figuur 21. *Uitsnede van het kadaver op 28-04-2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

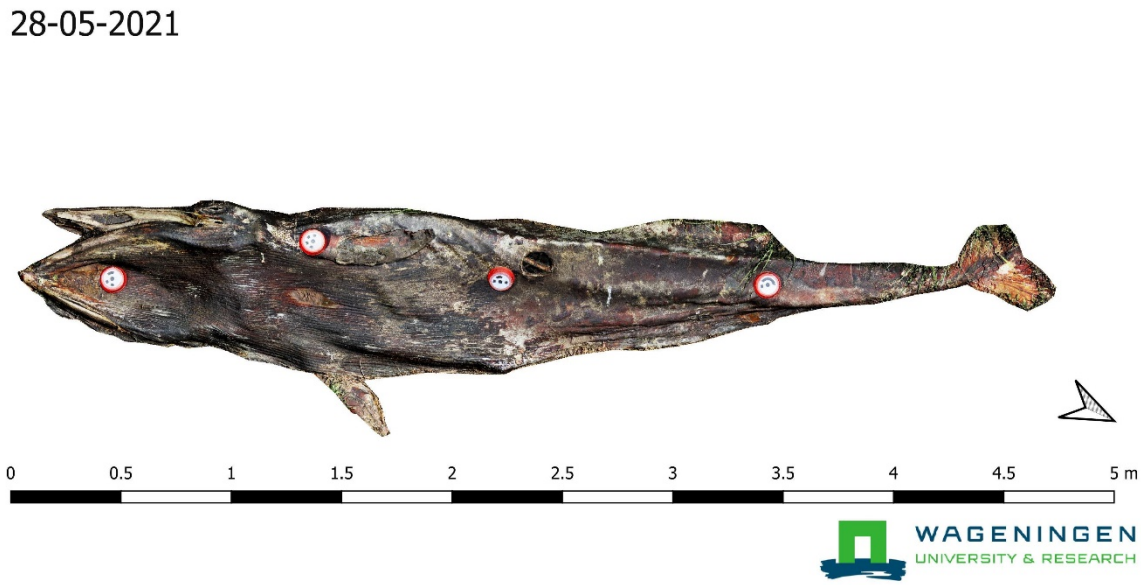
2.2.2.7 T6 op 28 mei 2021

Zes maanden na de stranding werd een zevende detailfoto van het kadaver gemaakt. De kleur van het kadaver was nagenoeg hetzelfde als een maand geleden. Het kadaver was aanzienlijk platter geworden en de huid was ingevallen. Interne organen lijken verteerd en vervloeid te zijn, door bacteriologische en enzymatische afbraak. Afgetekend tegen het verse groen in de omgeving valt de dorre vegetatie direct rondom het kadaver nog meer op. Dit komt waarschijnlijk door een hoge concentratie aan stikstofverbindingen die de grond in lekken.

De fotobewerkingssoftware had moeite om een compositie te maken van hoge vegetatie. In Figuur 22 is het kadaver goed afgebeeld en ook de vers groene vegetatie vlak naast het kadaver, maar de rest van de foto ontbreekt.



Figuur 22. *Compositie orthofoto van het kadaver op 28-05-2021. Bron: Wageningen Marine Research.*



Figuur 23. *Uitsnede van het kadaver op 28-05-2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

2.2.2.8 T7 op 9 juli 2021

Zeven maanden na de stranding maakten we een achtste detailfoto van het kadaver. Het kadaver is sterk ingevallen, letterlijk vel over been. De huid ligt als een lap leer gedrapeerd over de botten en is nog steeds grotendeels intact. De contouren van ribben zijn zichtbaar in de huid. Rond het kadaver is de vegetatie dor en dood.

De fotobewerkingssoftware had moeite om een compositie te maken van hoge vegetatie. Bovendien was de staartvin overgroeid door vegetatie waardoor deze niet in de foto verwerkt kon worden. Om een beeld te krijgen van het complete kadaver is in Figuur 24 en Figuur 25 de staartvin van de foto van 28 mei gebruikt.

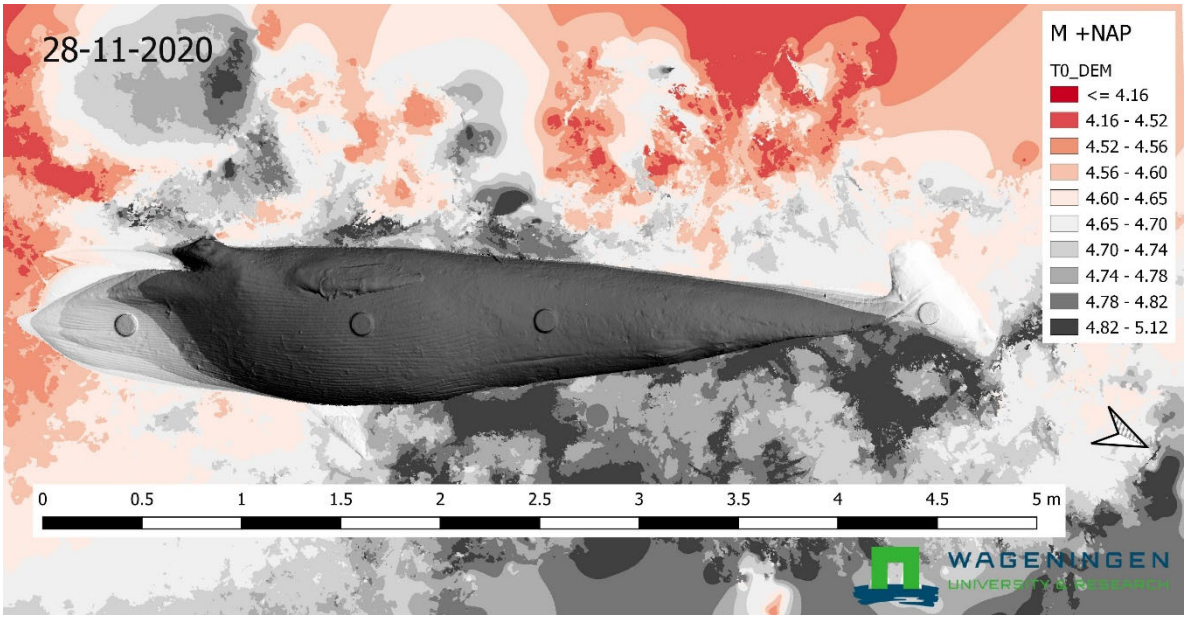
Figuur 24. *Compositie orthofoto van het kadaver op 09-07-2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 25. *Uitsnede van het kadaver op 09-07-2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

2.2.2.9 Oppervlakte en volumeveranderingen van het kadaver

Van iedere compositie orthofoto is een digitaal hoogtemodel gemaakt. Hiermee is het mogelijk om een berekening te maken van het volume van het kadaver. Een aanname is nodig voor de hoogte van een horizontaal referentievlak dat onder het kadaver ligt; de bodemhoogte. Het kadaver ligt op een hellende bodem en de bodem zelf is niet vlak. De exacte ligging van de bodem onder het kadaver is onbekend. De bodemhoogte naast het kadaver is niet goed te meten bij hoge vegetatie omdat vegetatie ook wordt gefotografeerd waarmee de hoogte van de vegetatie ook meegenomen wordt in het hoogtemodel.

De hoogte van het horizontale referentievlak is bepaald aan de hand van de eerste orthofoto (Figuur 10) en het digitaal hoogtemodel van 28 november 2020 (Figuur 26). Op plaatsen met een spaarzame vegetatie zoals bij de staart en - op de afbeelding - linksvoor van de kop van het kadaver is de bodemhoogte 4,60 m +NAP. Bij de punt van de kaak ligt de ondergrond iets lager, maar rechtsvoor van het lijf juist weer wat hoger. De hoogte van het referentievlak is bepaald op 4,60 m +NAP. Hiermee doet de staart nog net mee, de rest van het kadaver ook, alleen de punt van de bovenkaak niet want die ligt wat lager op de helling.



Figuur 26. *De hoogte van en rondom het kadaver op 28-11-2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Het volume van de aangespoelde dwergvinvis op 28 november 2020 bedroeg 0,82 m^3. Bij een aangenomen dichtheid van 1000 kg/m^3 komt dit overeen met 0,82 ton. Dit is een relatief laag gewicht voor de lengte (4,70 m) van de dwergvinvis. Lockyer (1976) leidde gewicht-lengte relaties af voor walvisachtigen op basis van de vergelijking:

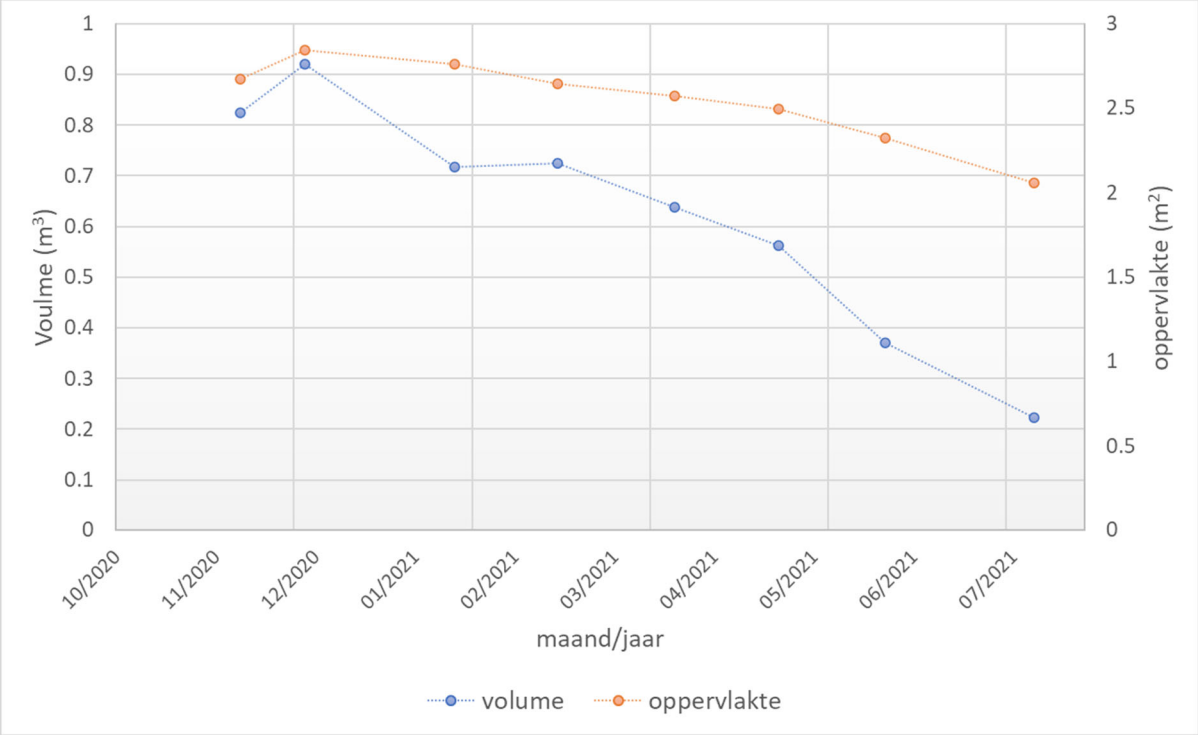
$$W = aL^b$$

waarin *W* het gewicht is in ton, *L* lengte in m, en *a* en *b* regressieparameters. Lockyer (1976) vond voor 22 dwergvinvissen de waarden *a* = 0.0076 en *b* = 3.23±0.16. Dit geeft voor een lengte van 4,70 m een gewicht tussen 0,88 en 1,13 ton. Het lage gewicht van 0,82 ton kan verklaard worden doordat het gevonden individu mager was (visuele waarneming Hans Verdaat en zie Figuur 1) terwijl de metingen afkomstig zijn van gezonde gevangen exemplaren uit de walvisindustrie.

Het kadaver nam na 28 november eerst toe in volume tot 0,92 m^3, als gevolg van gasophopingen, bijvoorbeeld van de tong. Hierna nam het volume af doordat organen verteerd worden. Een snelle afname van het volume werd ingezet in mei 2021. De loodrechte projectie (oppervlakte) van het kadaver vertoonde een soortgelijk verloop als het volume, Tabel 3, Figuur 27.

Tabel 3. *Volume en oppervlakte van het kadaver.*

	Datum	Volume (m^3)	Opp. (m^2)
T0	28/11/2020	0.82	2.67
T1	16/12/2020	0.92	2.84
T2	27/01/2021	0.72	2.76
T3	25/02/2021	0.72	2.65
T4	30/03/2021	0.64	2.57
T5	28/04/2021	0.56	2.49
T6	28/05/2021	0.37	2.32
T7	09/07/2021	0.22	2.06



Figuur 27. *Het volume (blauw) en het loodrecht geprojecteerde oppervlakte (oranje) van het kadaver.*

2.3 Wildcamera's

2.3.1 Methoden

Wildcamera's werden ingezet om de aanwezigheid van diersoorten bij het kadaver vast te leggen en om een time lapse opname te maken van het ontbindingsproces. De wildcamera's werken autonoom op batterijen. De werkingsduur is afhankelijk van de instellingen en het weer. Afhankelijk van het type camera kunnen foto's met een 4G verbinding worden verzonden, maar ze werden ook altijd lokaal opgeslagen op een SD-kaart. Bij ieder veldbezoek werden foto's uitgelezen en geanalyseerd op soorten. De wildcamera's werkten volcontinu, dag en nacht. 's Nachts werden foto's gemaakt met behulp van IR-licht. Direct volgend op een foto maakten de camera's een video-opname met een duur van 5 seconden.

De afbeeldingen die genomen zijn door de wildcamera's worden verwerkt en gearchiveerd op https://www.agouti.eu/ dat in beheer is van WUR.

Meetfrequentie
Opnamen werden gemaakt met een frequentie van 1x per uur en afhankelijk van beweging van dieren. Om batterijcapaciteit te besparen werd een minimaal tijdsinterval ingesteld van 5 minuten voordat een nieuwe opname van beweging werd gemaakt. Ook was het aantal foto's per dag gemaximeerd op 50.

Beantwoording van onderzoeksvragen
De wildcamera´s geven antwoorden voor de onderzoeksvragen:

- Wat is de evolutie van het afbraakproces?
- Hoe snel gaat het, hoe werkt het (ontploft het kadaver ook?).
- Hoe lang duurt het?
- Welke soorten profiteren van het kadaver, welke functies heeft het kadaver en hoe is de successie van soorten?
- Hoeveel soorten maken gebruik van het kadaver?
- Welke specifieke soorten gebruiken het skelet?

Bij het eerste veldbezoek op 28 november 2020 zijn zes camera's geplaatst op drie palen. Op 16 december zijn twee wildcamera's met 4G dataverbinding geplaatst, waarvan één op een nieuwe camerapaal en de ander ter vervanging van een ander type camera. Bij het veldbezoek van 27 januari zijn er twee wildcamera's met 4G dataverbinding geplaatst ter vervanging van twee oudere typen wildcamera's. Hierbij is de meest veraf gelegen camerapositie (op meer dan 15 m afstand) buiten gebruik gesteld. Er is een nieuwe camerapositie gekozen aan de benedenzijde van het walviskadaver op de rand van de steenglooiing. In totaal staan er vanaf 27 januari 2021 zeven wildcamera's op vier palen, Figuur 29, Figuur 28 en *Tabel 4*.

Tabel 4. *Cameraposities wildcamera's.*

Naam	RD_X	RD_Y	Z (m+NAP)	Afstand (m)	Kijkri.	Camera's
Paal 1	229169.0	617059.7	5.48	8.7	Z	Snyper 4G Reconyx HF2X
Paal 2	229175.3	617050.5	5.57	4.0	ZW	Snyper 4G Reconyx HF2X
Paal 3	229181.3	617041.0	5.76	11.4	WNW	Snyper 4G Reconyx HF2X
Paal 4	229163.6	617052.8	3.87	5.8	OZO	Snyper 4G

Figuur 28. *Posities van de vier camerapalen ten opzichte van het walviskadaver. Bron achtergrondfoto: drone-opname The Fieldwork Company.*

Figuur 29. *De vier camerapalen met zeven wildcamera's. Van links naar rechts paal 1 t/m paal 4. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 25-02-2021.*

2.3.2 Resultaten

2.3.2.1 T1 op 16 december 2020

Diersoorten die op de wildcamera's werden vastgelegd tussen 28 november 2020 en 16 december 2020 waren konijn, ekster en zwarte kraai. Het gebied waar het walviskadaver ligt, bleek in gebruik als konijnenlatrine; er ligt een grote hoeveelheid konijnenkeutels. De eerste vogel die werd gefotografeerd bij het walviskadaver was een ekster op 3 december 2020, Figuur 30. Op latere datums werd vaker een ekster gefotografeerd. De ekster leek vooral belangstelling te hebben voor de konijnenlatrine, niet voor het kadaver.

Figuur 30. *Wildcam foto's van Ekster vanuit camerapositie 2 op 4,0 m afstand op 8 december 2020. Bron: Wageningen Marine Research.*

2.3.2.2 T2 op 27 januari 2021

Vogelsoorten die tussen 16 december 2020 en 27 januari 2021 op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn ekster, zwarte kraai (Figuur 31), grote mantelmeeuw (Figuur 32), zilvermeeuw en buizerd.

Figuur 31*. Wildcam foto van drie zwarte kraaien bij het kadaver op 15 januari 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 32. *Wildcam foto van een grote mantelmeeuw (en twee zwarte kraaien) bij het kadaver op 31 december 2020. Bron: Wageningen Marine Research.*

Eén foto verdient een aparte beschrijving (Figuur 33). Op 12 januari 2021 om 10:37 uur werd een roofvogel gefotografeerd die laag over het walviskadaver vloog. Determinatie van de soort was niet eenvoudig. De duidelijke witte stuit kan een aanwijzing zijn voor een vrouwtje blauwe kiekendief, maar dan zou de staart langer zijn met een duidelijke bandering, en de vleugels zouden slanker zijn. Deze forse brede vleugels doen meer denken aan een zeearend, maar die heeft een witte staart, geen witte stuit. Een schreeuwarend heeft een witte stuit en ook witte vlekken op de bovenzijde van de vleugels. Maar arenden hebben zes in plaats van vijf vingers, dus een arend is het niet. Dit sluit ook een bastaardarend uit. Het postuur past ook bij een ruigpootbuizerd en die heeft ook een witte stuit. Echter, door de aanwezigheid van een fijne bandering in de witte staartveren is het eindoordeel gegeven door Dick Forsman, auteur van "The Raptors of Europe and the Middle East" (Forsman, 1999): een buizerd.

Figuur 33. *Wildcam foto van een buizerd die laag over het walviskadaver vliegt.*

Bron: Wageningen Marine Research.

2.3.2.3 T3 op 25 februari 2021

Vogelsoorten die tussen 27 januari 2021 en 25 februari 2021 vaak op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn ekster, zwarte kraai en zilvermeeuw (Figuur 34). Ook werd er een passerende scholekster gefotografeerd.

Figuur 34. *Wildcam foto met v.l.n.r. ekster, zilvermeeuw en zwarte kraai (en nog een ekster). Bron: Wageningen Marine Research.*

2.3.2.4 T4 op 30 maart 2021

Vogelsoorten die tussen 25 februari 2021 en 30 maart 2021 op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn voornamelijk zwarte kraai en ekster. Regelmatig lopen er ’s nachts scholeksters door het gras nabij het kadaver en er zijn zelfs scholeksters óp het kadaver gefotografeerd Figuur 35. Waarschijnlijk was het voor de scholeksters gewoon een handige plek om tijdelijk te staan. Daarnaast is een enkele keer waargenomen: zilvermeeuw, roodborst (Figuur 36), merel (Figuur 37), houtsnip (Figuur 38), holenduif (Figuur 39) en zwarte roodstaart (Figuur 40). De laatste is ook óp het kadaver waargenomen, waarschijnlijk op zoek naar insecten. Overigens zijn er ook regelmatig konijnen gefotografeerd.

Figuur 35. *Wildcam foto van twee scholeksters, waarvan een óp het kadaver, op 26 februari 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 36*. Wildcam foto van een roodborst op 18 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 37. *Wildcam foto van een merel op 19 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 38. *Wildcam foto van een houtsnip op 12 februari 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 39. *Wildcam foto van een holenduif op 20 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 40. *Video still van een zwarte roodstaart op 23 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

2.3.2.5 T5 op 28 april 2021

Vogelsoorten die tussen 30 maart 2021 en 28 april 2021 op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn voornamelijk zwarte kraai en ekster, maar ook waren er regelmatig scholeksters in de buurt, Figuur 41. Daarnaast is een enkele keer waargenomen: roodborsttapuit (Figuur 42), zilvermeeuw (Figuur 43), roodborst (Figuur 44), merel (Figuur 45), zwarte roodstaart (Figuur 46), wilde eend (Figuur 47), bergeend (Figuur 48), eider (Figuur 49 en Figuur 50), tapuit (Figuur 51), zanglijster (Figuur 52), koperwiek (Figuur 53), fitis/tjiftjaf (Figuur 55) en graspieper (Figuur 56). Overigens zijn er ook regelmatig konijnen gefotografeerd.

Figuur 41. *Wildcam foto van de drie meest geziene soorten vogels in één beeld; scholekster, ekster en zwarte kraai, op 25 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 42. *Roodborsttapuit op het kadaver, op 31 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 43. *Tweede kalenderjaar zilvermeeuw op het kadaver, op 21 april 2021.*
Bron: Wageningen Marine Research.

Figuur 44. *Nachtfoto van een roodborst op het kadaver, op 3 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 45. *Een vrouwtje merel bij het kadaver, op 24 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 46*. Een zwarte roodstaart bij het kadaver, op 31 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 47. *Een vrouwtje wilde eend bij het kadaver, op 2 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 48. *Een paartje bergeenden bij het kadaver, op 17 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 49. *Een volwassen vrouwtje eider bij het kadaver, op 18 april 2021.*
Bron: Wageningen Marine Research.

Figuur 50. *Een volwassen mannetje eider bij het kadaver, op 24 april 2021.*
Bron: Wageningen Marine Research.

Figuur 51. *Nachtopname van een mannetje tapuit bij het kadaver, op 25 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 52. *Een zanglijster bij het kadaver, op 18 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 53. *Een koperwiek bij het kadaver, op 18 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 54. *Een mannetje tapuit kijkt vanaf het kadaver neer op twee ruziënde scholeksters, op 25 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

*Figuur **55**. Wildcam foto van een tjiftjaf of fitis bij het kadaver, op 18 april 2021.*
Bron: Wageningen Marine Research.

***Figuur 56.** Wildcam foto van een graspieper bij het kadaver, op 28 april 2021.*
Bron: Wageningen Marine Research.

2.3.2.6 T6 op 28 mei 2021

Vogelsoorten die tussen 28 april 2021 en 28 mei 2021 op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn voornamelijk scholekster, ekster en zwarte kraai. De meest gefotografeerde vogel was de scholekster. Scholeksters foerageerden in het gras nabij het kadaver maar werden ook op het kadaver waargenomen waar ze mogelijk belangstelling hadden voor insecten en/of vliegenmaden. Scholeksters werden waargenomen met hun gehele snavel in de opening van het kadaver en daarbij prooien

doorslikkend, Figuur 57. Daarnaast is een enkele keer waargenomen: zanglijster (Figuur 58), kramsvogel (Figuur 59), kneu (Figuur 61) en visdief (Figuur 62). De zanglijster en kramsvogel leken op insecten af te komen, de kneu zocht nestmateriaal. Overigens zijn er ook konijnen gefotografeerd.

Figuur 57. *Een scholekster steekt de gehele snavel in de opening van het kadaver, screenshot uit video van 19 mei 2021. Screenshot uit video. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 58. *Een zanglijster bij het kadaver, op 28 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 59. *Een kramsvogel bij het kadaver, op 29 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 60. *Een vermoedelijke kramsvogel op het kadaver, op 11 mei 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 61. *Twee kneuen bij het kadaver, op 13 mei 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 62. *Een visdief vliegt over het kadaver, op 22 mei 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

2.3.2.7 T7 op 9 juli 2021

Vogelsoorten die tussen 28 mei 2021 en 9 juli 2021 op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn voornamelijk scholekster en ekster. Op 8 en 9 juli werd een zwarte kraai waargenomen. De meest gefotografeerde vogel was de scholekster vanwege de nabijheid van het scholeksternest.

Daarnaast is een enkele keer waargenomen: witte kwikstaart (Figuur 58), spreeuw (Figuur 59, Figuur 65), eider (Figuur 66).

Figuur 63. *Een witte kwikstaart bij het kadaver, op 2 junil 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 64. *Een adulte spreeuw (en witte kwikstaart) bij het kadaver, op 8 juni 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 65. *Twee juveniele spreeuwen bij het kadaver, op 23 juni 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

Figuur 66. *Vrouwtje eider bij het kadaver, op 22 juni 2021. Bron: Wageningen Marine Research.*

2.3.2.8 Aantallen vogelsoorten en hun gedrag

In totaal zijn 41.280 foto's opgeslagen in het wildcamera fotobeheersysteem Agouti. Alle foto's zijn gescreend op aanwezige vogelsoorten. Een deelverzameling van 5.900 foto's vanuit alle vier cameraposities over de gehele duur van de waarnemingen is nauwkeurig geannoteerd op kenmerken zoals soort en gedrag in Agouti (een platform voor het beheer van foto's verzameld met cameravallen; www.agouti.eu). Vanwege het enorme aantal foto's kon niet de gehele dataset worden geannoteerd.

In totaal zijn 26 soorten vogels waargenomen nabij of op het kadaver, *Tabel 5*. Vogels die op de achtergrond van de foto's te zien waren, bijvoorbeeld foeragerende wadvogels, zijn niet meegenomen. De meest waargenomen vogels waren scholekster (op 40% van de foto's te zien), ekster (32%) en zwarte kraai (21%).

Tabel 5. *Lijst van waargenomen vogelsoorten nabij of op het kadaver.*

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Opmerking
Anas platyrhynchos	Wilde eend	Passant
Anthus pratensis	Graspieper	Insecteneter
Buteo buteo	Buizerd	Aaseter
Chroicocephalus ridibundus	Kokmeeuw	Aas- en insecteneter
Columba oenas	Holenduif	Passant
Corvus corone	Zwarte kraai	Aaseter
Erithacus rubecula	Roodborst	Insecteneter
Haematopus ostralegus	Scholekster	Insecteneter
Larus argentatus	Zilvermeeuw	Aaseter
Larus marinus	Grote mantelmeeuw	Aaseter
Linaria cannabina	Kneu	Passant
Motacilla alba	Witte kwikstaart	Insecteneter
Oenanthe oenanthe	Tapuit	Insecteneter
Phoenicurus ochruros	Zwarte roodstaart	Insecteneter
Phylloscopus trochilus/collybita	Fitis/Tjiftjaf	Insecteneter
Pica pica	Ekster	Aas- en insecteneter
Saxicola rubicola	Roodborsttapuit	Insecteneter
Scolopax rusticola	Houtsnip	Passant
Somateria mollissima	Eider	Passant
Sterna hirundo	Visdief	Passant
Sturnus vulgaris	Spreeuw	Insecteneter
Tadorna tadorna	Bergeend	Passant
Turdus iliacus	Koperwiek	Insecteneter
Turdus merula	Merel	Insecteneter
Turdus philomelos	Zanglijster	Insecteneter
Turdus pilaris	Kramsvogel	Insecteneter

Tabel 6 geeft de gedragskenmerken die werden geregistreerd bij de foto's. De meeste gedragingen hebben betrekking op vogels, maar er zijn ook konijnen geregistreerd.

Tabel 6. *Lijst van gedragskenmerken voor annotatie van foto's.*

Behaviour category | combination category	..Continued from left column
breeding | present	nightview | present
flying	nightview | present | foraging on carcass
flying | nightview	nightview | present on carcass
flying | taking off	nightview | taking off
foraging	nightview | taking off | present on carcass | landing
foraging | foraging on carcass	present
foraging | foraging on carcass | present	present | landing
foraging | nightview	present | nightview
foraging | present	present | present on carcass
foraging | taking off	present | present on carcass | nightview
foraging | territorial behavior	present | territorial behavior
foraging on carcass	present on carcass
foraging on carcass | foraging	present on carcass | foraging
foraging on carcass | landing	present on carcass | landing
foraging on carcass | nightview	present on carcass | nightview
foraging on carcass | nightview | foraging	present on carcass | present
foraging on carcass | present	present on carcass | taking off
foraging on carcass | present | foraging	present on carcass | territorial behavior
foraging on carcass | present on carcass	resting HVP
landing	taking off
landing | foraging on carcass	taking off | foraging
landing | nightview	taking off | nightview
landing | present	taking off | present
landing | present on carcass	taking off | present on carcass
landing | taking off	taking off | territorial behavior
landing | territorial behavior	territorial behavior
landing | territorial behavior | nightview	territorial behavior | flying
nightview	territorial behavior | foraging
nightview | flying	territorial behavior | landing
nightview | foraging	territorial behavior | present
nightview | foraging on carcass	territorial behavior | present on carcass
nightview | landing	territorial behavior | taking off
nightview | landing | present on carcass	

Vogelsoorten die zijn geregistreerd als 'foraging on carcass' zijn zwarte kraai, scholekster, zilvermeeuw, grote mantelmeeuw, ekster, zwarte roodstaart en kramsvogel. Het vaakst werd zwarte kraai gezien (54%), daarna ekster (28%) en daarna grote mantelmeeuw (11%). Deze vogelsoorten komen af op het vlees van het kadaver. Foeragerende scholekster, zwarte roodstaart en kramsvogel komen af op de insecten of de maden die op het kadaver te vinden zijn. Insectenetende vogels werden ook foeragerend in de vegetatie naast het kadaver waargenomen.

2.4 Bemonstering van invertebraten

2.4.1 Methoden

Op 16 december 2020 werden potvallen ingegraven naast het kadaver om insecten te vangen. De gevangen invertebraten werden door specialisten van Wageningen Environmental Research op naam gebracht en ook door vrijwilliger Jan Burgers die de kevers determineerde.

Meetfrequentie
De bemonstering vond plaats met een frequentie van 1x per maand.

Beantwoording van onderzoeksvragen
Op kadavers op het vasteland worden diverse aasetende kevers, vliegen en vlinders aangetroffen, het is interessant in hoeverre deze soorten het kadaver op Rottumerplaat kunnen vinden. De bemonstering van invertebraten geeft antwoorden voor de onderzoeksvragen:

- Welke soorten profiteren van het kadaver, welke functies heeft het kadaver en hoe is de successie van soorten?
- Hoeveel soorten maken gebruik van het kadaver?
- Welke specifieke soorten gebruiken het skelet?

Op 16 december 2020 zijn drie potvallen ingegraven nabij het walviskadaver (Figuur 67). Twee potvallen zijn vlak naast het kadaver ingegraven, en een potval op enkele meters afstand. Potval nr. 1 werd op 30 cm naast de kop van het kadaver ingegraven (linkerfoto), potval nr. 2 werd op 50 cm van het lijf van de kadaver ingegraven en potval nr. 3 werd op 3 m achter de staart van het kadaver ingegraven. Een potval bestaat uit een plastic emmer voorzien van een afdak om regenwater tegen te houden. In de plastic emmer bevindt zich een conserveringsmiddel bestaand uit 100 ml propyleenglycol en 200 ml water. Wanneer insecten, zoals kevers, op de grond scharrelen rond het kadaver en in de potval vallen zijn ze gevangen en worden geconserveerd (Figuur 68). Bij ieder veldbezoek werd de inhoud bewaard en het conserveringsmiddel ververst.

Figuur 67. *Locaties van de potvallen.*
Potval nr. 1 op 30 cm naast het kadaver (linkerfoto), potval nr. 2 op 50 cm van het kadaver en potval nr. 3 op 3 m van het kadaver (rechterfoto). Foto's: Hans Verdaat, 16-12-2020.

Figuur 68. *De inhoud van drie potvallen naast het kadaver. Foto: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 28-05-2021.*

2.4.2 Resultaten

2.4.2.1 Vliegen en muggen

Het kadaver trok veel vliegen aan. Er was een duidelijk effect van seizoen te zien. In februari en maart werden nog geen soorten gevonden die zich specifiek op aas richten. Vliegen die hun eieren afzetten in aas werden pas vanaf april aangetroffen en domineerden in juli de vliegenfauna. Ter illustratie zijn in Figuur 69 twee individuen van de strontvlieg *Scathophaga stercoraria* te zien en in Figuur 70 is een individu van de groene vleesvlieg (*Lucilia sericata*) te zien, waarvan de maden vlees eten.

25 februari 2021
Op 25 februari bevatten de potvallen:
Strontvlieg (*Scatophaga stercoraria*) 2 ex.
Strontvlieg (*Cypsela equina*), 21 ex.
Kleine mestvlieg (*Leptocera sp.*), 4 ex.
Steltmuggen (Limoniidae), tientallen ex.
Rouwmuggen (Sciaridae), 1 ex.
Dit zijn geen soorten die zijn gespecialiseerd in kadavers.

30 maart 2021
Op 30 maart bevatten de potvallen:
Strontvlieg (*Cypsela equina*), 6 ex.
Kleine mestvlieg (*Leptocera sp.*), 4 ex,
Steltmuggen (Limoniidae), enkele ex.
Dit zijn geen soorten die zijn gespecialiseerd in kadavers.

28 april 2021
Op 28 april werden naast muggen een paar honderd vliegenmaden van Calliphoridae, de familie van de bromvliegen, in de potvallen gevonden. Deze vliegen leggen hun eieren op aas. Daarnaast werd gevonden:
Steltmuggen (Limoniidae), enkele ex.
Rouwmuggen (Sciaridae), enkele ex.

28 mei 2021
Op 28 mei 2021 werden opnieuw honderden larven van Calliphoridae in de potvallen gevonden, Figuur 68. Gepoogd is om levende vliegenlarven mee te nemen zodat deze kunnen worden opgekweekt voor een makkelijkere determinatie. Echter, als gevolg van het conserveringsmiddel waren alle larven dood.

Ook op het kadaver werden invertebraten aangetroffen, vooral vleesvliegen en bromvliegen. In Figuur 71 is een individu van (waarschijnlijk) roodwangbromvlieg (*Calliphora vicina*) afgebeeld. Ook werd een zestienstippelig lieveheersbeestje gefotografeerd (*Tytthaspis sedecimpunctata*), Figuur 72, maar dit exemplaar werd niet gevangen en meegenomen.

9 juli 2021
Op 9 juli bevatten de potvallen:
Groene vleesvlieg (*Lucilia sericata*), 1 ex.
Keizersvlieg (*Lucilia caesar*), 1 ex.
Roodbaardbromvlieg (*Calliphora vomitoria*), 5 ex.
larven van Calliphoridae, honderden ex.
Dit zijn alle vliegen die afkomen op rottend vlees.

Figuur 69. *Twee strontvliegen op het walviskadaver. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat, 30-03-2021.*

Figuur 70. *Een (waarschijnlijk) groene vleesvlieg (Lucilia sericata) op het walviskadaver. Foto: Martin Baptist, Wageningen Marine Research, 28-04-2021.*

Figuur 71. *Een (waarschijnlijk) roodwangbromvlieg (Calliphora vicina) op de kaak van het walviskadaver. Foto: Marinka van Puijenbroek, Wageningen Marine Research, 28-05-2021.*

Figuur 72. *Een zestienstippelig lieveheersbeestje op het walviskadaver. Foto: Marinka van Puijenbroek, Wageningen Marine Research, 28-05-2021.*

2.4.2.2 Veelpoten

De 'veelpoten' bestaan uit pissebedden, oorwormen, duizendpoten en miljoenpoten. Duizendpoten zijn predatoren, pissebedden en oorwormen zijn alleseters, en miljoenpoten zijn planteneters. Dit zijn alle gewone soorten die je in een duingebied kan verwachten. In hoeverre de duizendpoten, pissebedden en oorwormen samenhangen met het kadaver is daarom niet duidelijk vast te stellen, hoewel de hoogste aantallen pissebedden dichtbij het kadaver werden gevonden. Pissebedden eten alles wat in de bek past en zijn zelfs kannibalistisch.

Tabel 7*. Gevonden aantallen (en zo mogelijk leeftijd en geslacht) van 'veelpoten' per potval.*

datum	plot	*Lithobius forficatus*	*Cylindoiulus latestriatus*	*Porcellio scaber*	*Oniscus asellus*	*Philoscia muscorum*	*Forficula auricularia*
		duizendpoot	miljoenpoot	pissebed	pissebed	pissebed	oorworm
22-02-2021	1	3 v		1 m		4 m	
22-02-2021	2	1 m				2 m/v	2 m
22-02-2021	3	niets	niets	niets	niets	niets	niets
30-03-2021	1		1	2 + 2 juv	2 +7 juv	2	
30-03-2021	2		1			2	
30-03-2021	3	2 v +1 juv				3	
28-04-2021	1					5	
28-04-2021	2	1			2	13	
28-04-2021	3		1			16	
28-05-2020	1						
28-05-2021	2	1		2	1	16	
28-05-2021	3	1	1			3	

9-07-2021	1	2	183	1	4
9-07-2021	2	1 v	68		4
9-07-2021	3	1 v	43	1	5

2.4.2.3 Kevers

In de potvallen is een groot aantal kevers aangetroffen, in totaal 1377 exemplaren van 57 soorten. Een flink aantal (21) van die soorten is nieuw voor Rottumerplaat. Dat wil zeggen, nog niet beschreven in het standaardwerk van Zekhuis & De Vries (2012) over de fauna van Rottum. Het grote aantal nog niet eerder op de plaat aangetroffen keversoorten geeft aan dat het gebied slecht op kevers onderzocht is. Maar er zitten ook kevers tussen die specifiek op het kadaver kunnen zijn afgekomen. Er zijn drie soorten aaskevers (Silphidae) gevonden. De krompootdoodgraver (*Nicrophorus vespillo*, 1 ex.), oeveraaskever (*Necrodes littoralis*, 2 ex.) en *Thanasphilus sinuatus* (geen Nederlandse naam, 1 ex.) zijn echte kadavervreters. Deze (grotere) kevers zijn nog niet eerder op Rottumerplaat waargenomen. Er werden ook grote aantallen aangetroffen (vooral in het juli-monster) van de 'huid-eter' *Dermestes frischii* en de 'botten-knager' *Omosita colon*. Mogelijk zijn ook enkele vleesetende kortschildkevers van de genera Philonthus, Ocypus en Quedius op het kadaver afgekomen.

Tabel 8. *Lijst van gedetermineerde adulte kevers (in rood niet vermeld in Zekhuis & De Vries, 2012).*

CARABIDAE
Trechus Clairville, 1806
T. obtusus (Erichson, 1837)
Harpalus Latreille, 1802
H. tardus (Panzer, 1797)
Poecilus Bonelli, 1809
P. cupreus (Linnaeus, 1758)
Calathus Bonelli, 1810
C. fuscipes (Goeze, 1777)
C. erratus (Sahlberg, 1827)
C. mollis (Marsham, 1802)
C. cinctus (Motschulsky, 1850)
Amara Bonelli, 1810
A. communis (Panzer, 1797)
A. curta (Dejean, 1828)
A. aenea (De Geer, 1774)
A. familiaris (Duftschmid, 1812)
Paradromius Fowler, 1887
P. linearis (Olivier, 1795)
Philorhizus Hope, 1838
P. crucifer (Lucas, 1846)
Syntomus Hope, 1838
S. foveatus (Geoffroy in Fourcroy, 1785)
HYDROPHILIDAE
Sphaeridium Fabricius, 1775
S. scarabaeoides (Linnaeus, 1758)
Cercyon Leach, 1817
C. melanocephalus (Linnaeus, 1758)
Megasternum Mulsant, 1844
M. concinnum (Marsham, 1802)

--gecontinueerd STAPHYLINIDAE uit 1e kolom:
Rugilus Leach in Samouelle, 1819
R. orbiculatus (Paykull, 1789)
Xantholinus Dejean, 1821
X. gallicus (Coiffait, 1956)
X. longiventris (Heer, 1839)
Philonthus Stephens, 1829
P. intermedius (Boisduval & Lacordaire, 1835)
P. tenuicornis (Mulsant & Rey, 1853)
P. cognatus (Stephens, 1832)
P. succicola (Thomson, 1860)
P. carbonarius (Gravenhorst, 1802)
P. cruentatus (Gmelin, 1790)
P. varians (Paykull, 1789)
P. splendens (Fabricius, 1793)
P. sanguinolentus (Gravenhorst, 1802)
P. marginatus (Müller, 1764)
Creophilus Samouelle, 1819
C. maxillosus (Linnaeus, 1758)
Ocypus Samouelle, 1819
O. olens (Müller, 1764)
O. ater (Gravenhorst, 1802)
Quedius Stephens, 1829
Q. simplicifrons (Fairmaire, 1862)
Aleochara Gravenhorst, 1802
A. tristis (Gravenhorst, 1806)
SCARABAEIDAE
Aphodius Illiger, 1798
A. prodromus (Brahm, 1790)
A. punctatosulcatus (Sturm, 1805)

HISTERIDAE

Saprinus Erichson, 1834

S. planiusculus (Motschulsky, 1849)

LEIODIDAE

Leiodes Latreille, 1797

L. rugosus (Stephens, 1829)

SILPHIDAE

Nicrophorus Fabricius, 1775

N. vespillo (Linnaeus, 1758)

Necrodes Leach, 1815

N. littoralis (Linnaeus, 1758)

Thanatophilus Leach, 1815

T. sinuatus (Fabricius, 1775)

STAPHYLINIDAE

Brachygluta Thomson, 1859

B. helferi (Schmidt-Göbel, 1836)

Scaphium Kirby, 1837

S. immaculatum (Olivier, 1790)

Metopsia Wollaston, 1854

M. clypeata (Müller, 1821)

Omalium Gravenhorst, 1802

O. rivulare (Paykull, 1798)

O. italicum (Bernhauer, 1902)

Anthobium Leach in Samouelle, 1819

A. atrocephalum (Gyllenhal, 1827)

ELATERIDAE

Agriotes Eschscholtz, 1829

A. lineatus (Linnaeus, 1767)

Melanotus Eschscholtz, 1829

M. villosus (Geoffroy in Fourcroy, 1785)

Agrypnus Eschscholtz, 1829

A. murinus (Linnaeus, 1758)

DERMESTIDAE

Dermestes Linnaeus, 1758

D. frischii (Kugelann, 1792)

NITIDULIDAE

Omosita Erichson, 1843

O. colon (Linnaeus, 1758)

CRYPTOPHAGIDAE

Cryptophagus Herbst, 1792

C. reflexus (Rey, 1889)

COCCINELLIDAE

Nephus Mulsant, 1846

N. redtenbacheri (Mulsant, 1846)

LATRIDIIDAE

Corticaria Marsham, 1802

C. impressa (Olivier, 1790)

CURCULIONIDAE

Philopedon Schönherr, 1826

P. plagiatus (Schaller, 1783)

Een statistisch model werd toegepast op de aantallen kevers in de potvallen om te bepalen of er een significante toename was in de aantallen kevers over de tijd (tijd in maanden). Daarbij is ook het interactie-effect van afstand van de potval tot het kadaver meegenomen om te bepalen of een eventuele toename in de tijd extra sterk is dichterbij het kadaver dan verder weg. Potval nr. 1 werd op 30 cm naast de kop van het kadaver ingegraven, potval nr. 2 werd op 50 cm van het lijf van de kadaver ingegraven en potval nr. 3 werd op 3 m achter de staart van het kadaver ingegraven. Het statistische model gaat uit van lineaire regressie (Generalised Linear Model) onder de aanname van normaal verdeelde variabelen. Als uitvoer wordt een aantal parameters gegeven. De regressiecoëfficiënt beta (en de standaardafwijking daarin) laat zien of een gevonden verband sterk positief of sterk negatief is. Als er later in de tijd een verhoging wordt gevonden ten opzichte van eerder in de tijd, dan is de beta-waarde voor tijd groot en positief. Als er een sterke verhoging is nabij het kadaver en niet op grotere afstand dan is de beta-waarde voor het interactie-effect groot en negatief (er is een afname met toenemende afstand). Er wordt een t-waarde met aantal vrijheidsgraden gegeven voor een t-test op het verschil in gemiddelden tussen de groepen. Hoe groter positief of negatief de t-waarde hoe groter het verschil. De p-waarde geeft het significantieniveau van het gevonden verschil. Is de p-waarde kleiner dan 0,05 dan wordt er een significant verband gevonden.

Het totaal aantal kevers per maand per potval laat een significant effect van seizoen zien met hogere aantallen in de zomer. Er is ook een significant interactie-effect van het kadaver met hogere aantallen dichtbij het kadaver dan verder weg van het kadaver.

- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 98.26, 95% CI [46.65, 149.86], $t(12) = 3.73$, $p < .001$; Std. beta = 0.61, 95% CI [0.22, 1.00]).
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -17.86, 95% CI [-34.26, -1.46], $t(12) = -2.13$, $p = 0.033$; Std. beta = -0.39, 95% CI [-0.80, 0.01]).

Tabel 9. *Gevonden aantallen kevers per maand per potval (nrs. 1, 2 of 3) of op kadaver (kad.)*

maand	februari			maart			april			mei				juli		
pot	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	kad.	1	2	3
CARABIDAE																
Trechus obtuses	1													1		
Harpalus tardus								1			4	2		14	3	2
Poecilus cupreus															1	2
Calathus fuscipes									1		1	3		6	9	12
Calathus erratus														2		
Calathus mollis														1		
Calathus cinctus		1				2								1		
Amara communis											1			1	5	5
Amara curta												2	1	1		12
Amara aenea						1										
Amara familiaris												1				
Paradromius linearis				2		1										
Philorhizus crucifer								1								
Syntomus foveatus														1		1
HYDROPHILIDAE																
Sphaeridium scarabaeoides										6	5	1		4	2	
Cercyon melanocephalus											1					
Megasternum concinnum														5		
HISTERIDAE																
Saprinus planiusculus							2			4				273	101	10
LEIODIDAE																
Leidodes rugosus			1													
SILPHIDAE																
Nicrophorus vespillo																1
Necrodes littoralis															2	
Thanatophilus sinuatus														1		
STAPHYLIDAE																
Brachygluta helferi									1							
Scaphium immaculatum									1							
Metopsia clypeata							1									
Omalium rivulare	9	1				7				3	2	2				
Omalium italicum	1															
Anthobium artrocephalum						2			1							
Rugilus orbiculatus										1				13	3	
Xantholinus gallicus			1													
Xantholinus longiventris		1	4		1	6								1		
Philonthus intermedius										5						
Philonthus tenuicornis												1		1		
Philonthus cognatus									3	1	11	14		1	10	3
Philonthus succicola																1
Philonthus carbonarius															2	
Philonthus cruentatus										11	15			8	5	
Philonthus varians										17	12			5	1	
Philonthus splendens							1	1								
Philonthus sanguinolentus													1			
Philonthus marginatus										115	11	1	5	1	1	

Creophilus maxillosus							1							
Ocypus olens									2				1	1
Ocypus ater											1			
Quedius simplicifrons	1	1												
Aleochara tristis							8				2			5
SCARABAEIDAE														
Aphodius prodromus	1			1		1				1				
Aphodius punctatosulcatus			1					1						
ELATERIDAE														
Agriotes lineatus							1						1	
Melanotus villosus													1	
Agrypnus murinus								1	2		10		3	5
DERMESTIDAE														
Dermestes frischii							3				49		107	
NITIDULIDAE														
Omosita colon								2			269		34	
CRYPTOPHAGIDAE														
Cryptophagus reflexsus									1					
COCCINELLIDAE														
Nephus redtenbacheri									1					
LATRIDIIDAE														
Corticaria impressa											4		1	
CURCULIONIDAE														
Philopedon plagiatus											1			1

2.5 Waarnemingen aan staat van ontbinding en geur

2.5.1 Methoden

Bij ieder veldbezoek werden foto's genomen van het kadaver om de staat van ontbinding vast te leggen. De staat van ontbinding van walviskadavers wordt in vijf categorieën onderscheiden, de Decomposition Condition Categories (DCCs). Dit wordt ingedeeld op uiterlijke kenmerken en, normaal gesproken, op kenmerken verkregen door dissectie (IJsseldijk et al., 2019), Figuur 73.

Figuur 73. *Voorbeeldfoto's van DCC CODE 1 t/m DCC CODE 5 voor bruinvis. Foto's afkomstig van Universiteit Utrecht.*

De geur was niet objectief en kwantitatief vast te stellen zonder zeer dure apparatuur. Bij ieder veldbezoek van WMR werd een kwalitatieve beschrijving gemaakt van de geur van het kadaver. Dit is telkens door dezelfde persoon gedaan voor de continuïteit. Echter, deze beschrijving is een subjectieve beleving door de waarnemer en is afhankelijk van de weersomstandigheden tijdens de waarneming. Daarnaast fungeerden de vogelwachters die hun onderkomen hadden op 45 m afstand van het kadaver als 'geursensoren'. Zij rapporteerden de geurbeleving in hun dagboeken.

DCC CODE 1: Extremely fresh carcass, just dead
Characteristics: Usually live stranded and died/ euthanized cases or those stranded right after death; exhibiting no post mortem changes (e.g. no bloating or sloughing of skin); fresh smell; clear, glassy eyes; blubber firm and white; muscles firm, dark red, well-defined; viscera intact and well-defined; GIT contains no to little gas (unless pathologic); brain firm with no discolouration, surface features distinct, easily removed intact.

DCC CODE 2: Fresh carcass
Characteristics: Normal appearance, fresh smell, minimal drying and wrinkling of skin, eyes and mucous membranes; carcass not bloated, tongue and penis not protruded; blubber firm and white, occasionally tinged with blood.

DCC CODE 3: Moderate decomposition.
Characteristics: Bloating evident, with tongue and penis often distended; skin cracked and started sloughing; characteristic (mild) odour can be expected; mucous membranes dry, eyes sunken. Blubber blood-tinged and oily; muscles are softer and poorly defined; gut segments contain gas; brain has soft consistency. Organs are largely intact, still distinguishable and can be easily removed and assessed, although colour is more uniform throughout thoracic and abdominal cavity and consistency, particularly kidneys and pancreas is soft and increasingly friable.

DCC CODE 4: Advanced decomposition
Characteristics: Carcass may be intact, but collapsed; skin sloughing; epidermis may be largely missing, exposing underlying blubber. Strong odour; blubber soft, often with pockets of gas and pooled oil; muscles nearly liquefied and easily torn, effortless separation from the bones; blood thin and black; viscera often identifiable but friable, easily torn, and difficult to dissect; gut gas-filled; brain liquified, dark red, containing gas pockets, with decreased consistency.

DCC CODE 5: Mummified or skeletal remains
Characteristics: Skin may be draped over skeletal remains; any remaining tissues are desiccated. Organs partially or totally disappeared, or if present not completely identifiable.

Meetfrequentie
De veldbezoeken vonden plaats met een frequentie van 1x per maand in de periode 28 november 2020 t/m 9 juli 2021.

Beantwoording van onderzoeksvragen
De beschrijving van de staat van ontbinding en geur geeft antwoorden voor de onderzoeksvragen:
- Wat is de evolutie van het afbraakproces?
- Hoe snel gaat het, hoe werkt het (ontploft het kadaver ook?).
- Hoe lang duurt het?
- Beschrijving van de geur over de tijd.

2.5.2 Resultaten

2.5.2.1 T0 op 28 november 2020

Op basis van de uiterlijke kenmerken, Figuur 74, is het walviskadaver bij aanvang van het experiment op 28 november 2020 in DCC CODE 3 ingedeeld. Passend bij deze categorie is dat de geur van het kadaver aanwezig maar niet erg sterk was. Er was geen risico op ontploffingsgevaar omdat het kadaver niet vers was en er niet in de tong of in de ingewanden gesneden ging worden.

Figuur 74. *Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's Martin Baptist, Wageningen Marine Research, 28-11-2020.*

2.5.2.2 T1 op 16 december 2020

Op basis van de uiterlijke kenmerken is het walviskadaver, Figuur 75, op 16 december 2020 in DCC CODE 3 ingedeeld. Ook op 16 december was er een geur van het kadaver aanwezig, maar niet erg sterk.

Figuur 75. *Uiterlijke kenmerken walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 16-12-2020.*

2.5.2.3 T2 op 27 januari 2021

Op basis van de uiterlijke kenmerken, Figuur 76, is het walviskadaver op 27 januari 2021 in DCC CODE 4 ingedeeld: het karkas is nog intact maar ingevallen, de opperhuid laat los en er is een sterke geur.

De geur van het kadaver was opvallend aanwezig. Benedenwinds van het kadaver was de stank tot op 30 m goed te ruiken; dit gaf een misselijkmakende geurbeleving.

Figuur 76. *Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 27-01-2021.*

2.5.2.4 T3 op 25 februari 2021

Op basis van de uiterlijke kenmerken, Figuur 77 is het walviskadaver op 25 februari 2021 in DCC CODE 4 ingedeeld: het karkas is nog intact maar ingevallen, de opperhuid laat los en er is een sterke geur. De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek van 25 februari 2021 minder opvallend aanwezig dan een maand daarvoor.

Figuur 77. *Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 25-02-2021.*

2.5.2.5 T4 op 30 maart 2021

Op basis van de uiterlijke kenmerken, Figuur 78, is het walviskadaver op 30 maart 2021 in DCC CODE 4 ingedeeld: het karkas is nog intact maar ingevallen en de opperhuid laat los. De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek van 30 maart 2021 slechts binnen een afstand van 3 m goed te ruiken. De geurstoffen gedroegen zich als een zwaar gas; de geur trok over de grond. Tijdens het veldbezoek stond er een zwakke zuidwestelijke wind. Benedenwinds van het kadaver werd de geur over het duin geblazen. De vogelwachters maakten ook melding van dit soort omstandigheden die ertoe leidden dat er de geur van het kadaver rond het vogelwachtershuis bleef hangen. De geur was dan niet intensief maar wel onprettig om lange tijd in te verblijven.

Figuur 78. *Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 30-03-2021.*

2.5.2.6 T5 op 28 april 2021

Op basis van de uiterlijke kenmerken, Figuur 79, is het walviskadaver op 28 april 2021 in DCC CODE 4 ingedeeld: het karkas is nog intact maar ingevallen, de opperhuid laat los en er is een sterke geur. De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek van 28 april 2021 iets sterker dan een maand tevoren. Waar het op 30 maart 2021 slechts binnen een afstand van 3 m goed te ruiken was, was dit nu op een afstand van 10 m benedenwinds van het kadaver. De geur is niet erg intensief of indringend.

Onderstaande foto's tonen de staat en uiterlijke kenmerken van het walviskadaver op 28 april 2021.

Figuur 79. *Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 28-04-2021.*

2.5.2.7 T6 op 28 mei 2021

De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek van 28 mei 2021 vergelijkbaar met een maand tevoren. Waar het op 30 maart 2021 slechts binnen een afstand van 3 m goed te ruiken was, was dit op 28 april 2021 op een afstand van 10 m benedenwinds van het kadaver en dit was ook zo op 28 mei 2021. De geur is niet erg intensief of indringend. Op basis van de uiterlijke kenmerken is het walviskadaver nu in DCC CODE 5 ingedeeld: de huid ligt gedrapeerd over de botten en de organen zijn geheel of gedeeltelijk verdwenen.

Onderstaande foto’s tonen de staat en uiterlijke kenmerken van het walviskadaver op 28 mei 2021.

Figuur 80. *Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 28-05-2021.*

2.5.2.8 T7 op 9 juli 2021

Op basis van de uiterlijke kenmerken is het walviskadaver op 9 juli 2021 in DCC CODE 5 ingedeeld: de huid ligt gedrapeerd over het skelet en organen zijn geheel of gedeeltelijk verdwenen. De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek van 9 juli 2021 binnen een afstand van 3 m lokaal sterk, maar buiten deze afstand viel de geur mee.

Onderstaande foto’s tonen de staat en uiterlijke kenmerken van het walviskadaver op 9 juli 2021.

Figuur 81. *Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. De bamboestokjes staan op de hoekpunten van vegetatieplots van 1x1 m. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 09-07-2021.*

2.5.3 Schimmels of niet?

Op het kadaver werden in maart veel plekken met een witte kleur en een schimmelachtige structuur waargenomen, Figuur 82. Op 28 april zijn monsters genomen die naar het Westerdijk Fungal Biodiversity Institute zijn gestuurd ter determinatie. Monsters zijn genomen met twee technieken: 1. door met een steriel wattenstaafje over de structuren te strijken worden schimmelsporen verzameld die kunnen worden opgekweekt., en 2: door een stukje plakband op de structuren te plakken en dit vervolgens op een objectiefglaasje te plakken kunnen schimmelsporen door de microscoop worden bekeken.

Uit analyse blijkt dat de monsters geen schimmelsporen bevatten. Tijdens de bemonstering werd er al getwijfeld of de waargenomen witte structuren schimmels zijn. Het viel namelijk al op dat de structuren hard aanvoelden in plaats van pluizig en dat er nauwelijks materiaal achterbleef op het waterstaafje of plakband.

Een alternatieve hypothese is dat het 'zoutuitbloei' van salpeter betreft, wat bekend is van de witte aanslag op muren. In vochtige muren door optrekkend bodemvocht wordt het veroorzaakt doordat bacteriën een reactie aangaan met ammonium- en nitraatverbindingen uit grondwater en kaliumcarbonaat in het metselwerk wat als reactieproduct onder meer kaliumnitraat oplevert. Dit kan zorgen voor een witte, harige afzetting op de muur als gevolg van het uittreden van kristallijne structuren. In de bodem werden zowel verhoogde gehalten aan kalium aangetroffen, Figuur 116, als verhoogde gehalten aan ammonium, Figuur 124. Het optreden van zoutuitbloei in de vorm van kaliumnitraat (KNO_3) is daarom een waarschijnlijke verklaring.

Op 28 mei werden geen op schimmel lijkende structuren meer waargenomen, maar nog wel een platte witte korst. Het verdwijnen van de zoutuitbloei kan verklaard worden door toegenomen regenval, aangezien kaliumnitraat een goed oplosbaar zout is dat hierdoor makkelijk uit kan spoelen.

Figuur 82. *Plekken met een schimmelachtige structuur op het walviskadaver. Foto's: Martin Baptist, Wageningen Marine Research, 28-04-2021.*

Figuur 83. *Het nemen van een monster met een wattenstaafje. Foto: Martin Baptist, Wageningen Marine Research, 28-04-2021.*

Figuur 84. *Het nemen van een monster met een stukje plakband. Foto: Martin Baptist, Wageningen Marine Research, 28-04-2021.*

2.6 Vegetatiekartering

2.6.1 Methoden

Vegetatieopnamen zijn gemaakt om de vegetatiesamenstelling en -dichtheid te karteren bij het kadaver. De vegetatie kan wijzigen als gevolg van de verrijking van de bodem met nutriënten. Wanneer de omgeving wordt verrijkt door nutriënten kan zich dit uiten in het groeien van planten uit de families ganzenvoeten of melden als indicatorsoorten. Er zijn drie permanente kwadraten (PQ's) van 1 m^2 uitgezet in het veld waarin de vegetatiesamenstelling is bepaald. Er wordt niet verwacht dat zich op grote afstand van het kadaver effecten gaan voordoen.

Meetfrequentie
De vegetatieopnamen zijn gemaakt op 28 november 2020, op 30 maart 2021 en op 9 juli 2021.

Permanente kwadraten (PQ's)
De permanente kwadraten zijn in het veld gemarkeerd door middel van ingegraven magneten en niet met paaltjes om te voorkomen dat de paaltjes door vogels worden gebruikt om op te rusten.

9. PQ1 ligt aan de hoger gelegen oostzijde van het kadaver nabij de kop (Figuur 85).
10. PQ2 ligt aan de lager gelegen westzijde van het kadaver nabij het middendeel (Figuur 86).
11. PQ3 ligt 15 m ten noordnoordwesten van het kadaver (Figuur 96).

Alle vaatplanten werden geregistreerd. Voor de lagere planten (cryptogamen) werden kleine monsters van alle mossen verzameld voor latere bepaling met microscoop. Korstmossen waren niet aanwezig in de permanente kwadraten. Voor het doel van dit onderzoek werd gekozen voor een zeer gedetailleerde telschaal, de gewijzigde LONDO-schaal (zie *Tabel 10*). De dekking van de kruid- en moslaag is geregistreerd, evenals een ruwe meting van de gemiddelde vegetatiehoogte.

Tabel 10. *Gewijzigde LONDO-schaal*

Value	Cover	No. of individuals
r	< 1 %	1
+	< 1 %	2 – 5
0.1	< 1 %	> 5
0.2	1 – 3 %	is not taken into account
0.4	3 – 5 %	"
1 a	> 5 – 10 %	"
1 b	> 10 – 15 %	"
2	> 15 – 25 %	"
3	> 25 – 35 %	"
4	> 35 – 45 %	"
5 -	> 45 – 50 %	"
5 +	> 50 – 55 %	"
6	> 55 – 65 %	"
7	> 65 – 75 %	"
8	> 75 – 85 %	"
9	> 85 – 95 %	"
10	> 95- 100 %	"

Een aanvullende letter, "m", kan worden toegevoegd aan waarden 0,1 – 0,4, wanneer het aantal individuen > 50 is (voor ontkiemende planten, kleine overwinterende rozetten bijvoorbeeld).

Beantwoording van onderzoeksvragen
De vegetatiekartering geeft aanwijzingen voor het beantwoorden voor de onderzoeksvragen:

- Is er een injectie van nutriënten en mineralen? Hoe verschilt dit van de omgeving? Welke soorten profiteren daarvan?

Omdat het walviskadaver op een onnatuurlijk half verhard talud ligt in een omgeving met een nutriëntenrijke vegetatie, heeft de opdrachtgever besloten dit onderdeel niet te financieren.

Figuur 85. *Vegetatieopname in PQ1 naast het kadaver. Foto: Martin Baptist.*

Figuur 86. *Vegetatieopname in PQ2 naast het kadaver. Foto: Martin Baptist.*

Figuur 87. *Een hoek van een permanent kwadraat, gemarkeerd tijdens het in kaart brengen. Na de vegetatieopname zijn de PQs gemarkeerd met magneten in alle hoeken van het perceel op 20 cm diepte. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

2.6.2 Resultaten

Het duin waarin het kadaver ligt bestaat uit verstoorde grond. De vegetatie kenmerkt die van een grijs duin. In het duin zijn veel konijnenkeutels en zijn sporen van begrazing aanwezig. De soortensamenstelling van de vegetatie met soorten als *Stellaria media*, *Linaria vulgaris* en *Veronica arvensis* duidt erop dat dit reeds een eutroof duin is. De eutrofiering kan een gevolg zijn van de konijnactiviteit maar ook als gevolg van de nabijheid van de bij hoog water aangespoelde vegetatieresten.

2.6.2.1 PQ 1

Beschrijving 28 november 2020

PQ1 is gelegen aan de rand van een oude stenen dijk voor kustverdediging op de zuidwestelijke punt van Rottumerplaat. De grond bestaat uit ~20 cm zandlaag boven een (gebroken?) stenen fundering. De vegetatie heeft de samenstelling van een grijs duin en is sterk aangetast door konijnenbegrazing. Vooral *Carex arenaria* is ingekort tot 3-5 cm en in sommige delen nauwelijks hoger dan de uitgebreide moslaag. Overal in het PQ is konijnenmest in verschillende stadia van verval. Uit de vloedlijn zijn sommige lichtere materialen zoals bruine algen en piepschuim omhoog gewaaid en terecht gekomen in PQ1 in kleine hoeveelheden. Er zijn indicatorplanten voor een nutriëntrijke omgeving aanwezig in deze PQ, vooral *Stellaria media* is ontkiemd.

Beschrijving 30 maart 2021

De vegetatiehoogte daalde tijdens de wintermaanden, voornamelijk als gevolg van begrazing door konijnen. *Ammophila arenaria*, die in november nog strengen van 45 cm hoog bouwde, was verdord of lag plat. Dit lijkt te worden versterkt door dieren (konijnen, vogels) die regelmatig naast het karkas zitten. In vergelijking met november zijn er minder organische resten zoals bruine algen in het plot, maar veel konijnenkeutels en wat vogeluitwerpselen. *Cardamine hirsuta* en *Cerastium holosteoides* bloeiden.

Veranderingen in de samenstelling van soorten (verlies van drie soorten, drie nieuwe soorten) zijn seizoensgerelateerd, net als de afname van de plantenmassa van soorten zoals *Stellaria media*. De nieuw gevonden soorten *Linaria vulgaris* en *Veronica arvensis* komen veel voor in eutrofe grijze duinplantengemeenschappen en zijn er waarschijnlijk al eerder geweest. Er worden geen extra planten geregistreerd die wijzen op een toename van de beschikbaarheid van voedingsstoffen. De vegetatie lijkt niet direct door het karkas te worden beïnvloed.

Beschrijving 9 juli 2021

Overal in de PQ-plot zijn konijnenuitwerpselen te vinden en er is wat materiaal uit de vloedlijn zoals bruinwieren dat door de wind is aangevoerd. De vegetatie is heterogeen en de totale plantenbedekking is afgenomen. Aan het begin van de zomer hebben sommige van de meerjarige grassen hun maximale

hoogte bereikt, vooral *Ammophila arenaria* groeit in verspreide plukjes in PQ1. *Carex arenaria*, de meest voorkomende soort in het perceel, blijft met hoogtes van 3-5 cm zeer aangetast door konijnenbegrazing en gedeeltelijk ook door droogte. De planten zijn erg geelachtig en de bladeren bruin en dood aan de uiteinden.
Ruderale planten die minder vatbaar zijn voor begrazing als gevolg van stekels of bittere smaak zoals *Sonchus asper* of *Cirsium arvense* komen in hogere aantallen voor. Zachte bladkruiden die minder aangepast zijn aan droge plaatsen zoals *Stellaria media* zijn nog steeds aanwezig, maar in lagere dichtheden. De vroegbloeiende kruiden zoals *Cardamine hirsuta* en *Cerastium holosteoides* die eind maart veel voorkwamen, zijn nu bijna volledig verdwenen. Toch nam het totale aantal soorten toe door enkele nieuwe grassoorten. Veranderingen in de soortencompositie zijn voornamelijk seizoensgebonden.
De vegetatiesamenstelling binnen de plot was uniform. Richting het karkas blijft de vegetatie onveranderd. Er is geen toename of afname van het aantal soorten of de samenstelling in vergelijking met de rest van de PQ-plot. Een kaakbot van de walvis die de grens van het perceel raakt, is opgedroogd en heeft geen invloed op de vegetatie.

Figuur 88. *Overzichtsfoto van PQ1 op 28 november 2020. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

Figuur 89. *De vegetatie van PQ1 op 28 november 2020. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

Figuur 90. *De vegetatie van PQ1 op 30 maart 2021. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

Figuur 91. *De vegetatie van PQ1 op 9 juli 2021. Foto: Hans Verdaat.*

Tabel 11*. PQ1 Vegetatiesamenstelling.*

No	1	1	1
Year	2020	2021	2021
Date	28/11/2020	30/03/2021	09/07/2021
Area (m2)	1 (1X1)	1 (1X1)	1 (1X1)
Total cover (%)	90	85	75
Cover herb layer (%)	70	65	55
Cover moss layer (%)	45	45	40
Vegetation height (cm)	3 – 7 (-40)	3 - 7	3 – 7 (-40)
total number of species (excl. mosses)	15	14	18
Vascular plants:			
Agrostis capillaris	-	-	r
Ammophila arenaria	1b	1a	0.4
Arenaria serpyllifolia agg.	0.4	0.3	+
Cardamine hirsuta	0.2	0.3	r
Carex arenaria	5 -	5-	4
Cerastium diffusum	-	r	-
Cerastium holosteoides	0.1	0.3	+
Cirsium arvense	r	-	-
Claytonia perfoliata	r	0.1	r
Dactylis glomerata	-	-	r
Elytrigia juncea	-	-	r
Festuca ovina agg.	+	+	+
Geranium molle	+	+	+
Linaria vulgaris	-	+	+
Myosotis spec.	0.2	0.2	-
plant unid.*	+	+	+**
Sonchus asper	-	-	r

Solanum nigrum	r	-	-
Stellaria media	1 a	0.2	r
Taraxacum officinale agg.	r	-	r
Veronica arvensis	-	0.2	r
Viola tricolor ssp. tricolor	r	-	r
Cryptogams:			
[Brachytheciaceae]	4	3	3
Brachythecium salebrosum	0.4	-	-
Ceratodon purpureus	+	+	+

** twee planten bijna geheel opgegeten door konijnen; geen determinatie mogelijk. 27/03/21 onveranderd.*

*** Stellaria graminea*

2.6.2.2 PQ 2

Beschrijving 28 november 2020

In tegenstelling tot PQ1 lijkt er geen harde zeewering aanwezig onder dit plot, of de zand- en vegetatielagen die er bovenop liggen zijn dikker dan in PQ1. De vegetatie van PQ2 bestaat uit indicatorplanten voor voedselrijke omgevingen, bijvoorbeeld *Urtica urens*, *Stellaria media* en *Cirsium arvense*. De vegetatie (vooral *Carex arenaria*) vertoont tekenen van konijnenbegrazing in twee kleinere "wildtunnels" die door de konijnen worden gebruikt. *Ammophila arenaria* heeft grote meerjarige bulten gebouwd die met hun massa's organische strooisel gedeeltelijk de groei van andere planten, behalve mossen, beperken.

Beschrijving 30 maart 2021

Net als in PQ1 veranderden *Ammophila arenaria* en *Carex arenaria* tijdens de afgelopen winterperiode. In maart zijn de meeste bovengrondse plukjes vegetatie gestorven en deze liggen als een laag dood plantenmateriaal in delen van het plot, wat de seizoensgroei of vestiging van andere planten zou kunnen vertragen. *Cardamine hirsuta* bloeit.

Er zijn konijnenuitwerpselen in het plot. Nabij het kadaver lijkt de vegetatie bedekt te zijn met een olieachtige laag, dat een vettig gevoel geeft wanneer het wordt aangeraakt. Dit kan worden verklaard met regenwaterspatten van het nabijgelegen kadaver. De vegetatie die het dichtst bij het kadaver staat, in het bovenste deel van het plot, lijkt te zijn aangetast. Er zijn slappe of dode mossen en *Carex arenaria* is nog niet begonnen met ontkiemen. Deze zone strekt zich uit tot een afstand van ca. 25 cm van het kadaver.

Veranderingen in de soortensamenstelling van het plot (verlies van drie soorten, drie nieuwe soorten) zijn zoals in PQ1 voornamelijk seizoensgerelateerd, maar het verdwijnen van *Sedum sexangulare* heeft waarschijnlijk een andere oorzaak (bijv. te dik bedekt met dode resten *Ammophila*). Er wordt geen toename geregistreerd van planten die een zeer voedselrijke omgeving accepteren, dit kan later in het seizoen op dit plot worden verwacht.

Beschrijving 9 juli 2021

Begin juli heeft de vegetatie, en met name de twee meest voorkomende grassoorten *Ammophila arenaria* en *Carex arenaria*, hun maximale hoogte bereikt. *C. arenaria*, *Festuca ovina*, *F. rubra, Agrostis capillaris* en de kruidensoort *Stellaria graminea* bloeien. In en vooral rond PQ2 zijn soorten die wijzen op een voedselrijke omgeving zoals *Cirsium arvense* of *Urtica urens* overvloedig en zeer vitaal.

De impact van grazende konijnen is minder zichtbaar in dit plot dan voorheen, er zijn geen "tunnels" door de vegetatie en er zijn slechts weinig uitwerpselen te vinden. Het totale aantal soorten is afgenomen, vooral kleine kruidensoorten zoals *Claytonia perfoliata* of *Cardamine hirsuta* zijn verdwenen. Dit is deels seizoensgebonden maar kan ook beïnvloed zijn door het gebrek aan begrazing en dus het gebrek aan open gebieden, en door de dikke laag dood organisch plantenmateriaal, voornamelijk gras, die kieming voorkomt.

Richting het walviskadaver in een zone van ca. 25 cm afstand van het kadaver is de vegetatie gestorven. Deze zone is niet exact overeenkomstig aan het vegetatiegebied dat in maart bedekt was met een kleverige, vettige laag, maar is kleiner. Nu, in juli, ontbreekt een dergelijke vettige laag op de vegetatie. Er zijn geen tekenen dat plantensoorten ontkiemen of wortelen in de zone direct naast het karkas.

Figuur 92. *Overzichtsfoto van PQ2 op 28 november 2020. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

Figuur 93. *De vegetatie van PQ2 op 28 november 2020. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

Figuur 94. *De vegetatie van PQ2 op 30 maart 2021. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

Figuur 95. *De vegetatie van PQ2 op 9 juli 2021. Foto: Hans Verdaat.*

Tabel 12 *PQ2 Vegetatiesamenstelling.*

No	2	2	2
Year	2020	2021	2021
Date	28/11/2020	30/03/2021	09/07/2021
Area (m2)	1 (1X1)	1 (1X1)	1 (1X1)
Total cover (%)	95	90	90
Cover herb layer (%)	90	85	95
Cover moss layer (%)	10	10	10
Vegetation height (cm)	10 - 45	2 - 45	2 - 50
total number of species (excl. mosses)	16	16	14
Vascular plants:			
Agrostis capillaris	-	-	+
Ammophila arenaria	4	2	4
Arenaria serpyllifolia agg.	0.2	0.2	0.2
Carex arenaria	5	5	5
Cardamine hirsuta	+	0.1	-
Cerastium holosteoides	0.1	0.1	0.1
Cirsium arvense	0.1	01	0.4
Claytonia perfoliata	-	+	-
Festuca ovina agg.	r	0.1	0.3
Festuca rubra agg.	-	-	+
Geranium molle	r	r	-
Ligustrum vulgare	r	r	r
Linaria vulgaris	-	r	-
Lotus corniculatus	-	-	r
plant unid.*	r	r	**
Sedum sexangulare	r	-	-
Solanum nigrum	r	-	-
Stellaria graminea	r	-	1a
Stellaria media	0.1	0.1	0.2
Taraxacum officinale agg.	r	r	r
Urtica urens	+	+	0.1
Veronica arvensis	-	r	r
Cryptogams			
Amblystegium spec.	-	0.2	0.2
[Brachytheciaceae]	1 b	1b	1

** Wintervorm van onbekende vasculaire plant.*

*** Stellaria graminea*

2.6.2.3 PQ3

Beschrijving 28 november 2020

Gelegen op ongeveer 15 m afstand ten noorden van het walviskadaver is PQ3 een ongestoorde referentieplot. De vegetatie in en rond de plot is homogeen en een mix van typische grijze duinvegetatie met een dominantie van *Carex arenaria* en *Ammophila arenaria*. In vergelijking met PQ1 en PQ2 vertoont de vegetatie minder tekenen van aantasting door konijnenbegrazing maar ook hier is vooral *Carex arenaria* aangetast. De vegetatie van PQ3 is een relatief nutriëntenrijk grijs duin.

Beschrijving 30 maart 2021

Carex arenaria en *Ammophila* bedekken PQ3 met een laag dood plantenmateriaal, verse kiemende delen van beide soorten worden sterk aangetast door konijnenbegrazing. Er zijn veel konijnenuitwerpselen in het plot. Met *Veronica arvensis* wordt één soort aan de lijst toegevoegd en deze bloeit samen met *Cardamine hirsuta*.

Veranderingen in de samenstelling van soorten (één nieuwe soort) zijn seizoensgerelateerd, net als de afname van plantenmassa zoals *Stellaria media*.

Beschrijving 9 juli 2021

Carex arenaria en *Ammophila* hebben hun seizoensgebonden maximale lengte bereikt, maar worden beide aangetast door begrazing door konijnen. Er zijn veel uitwerpselen in het perceel en in sommige delen is de graslaag teruggebracht tot ca. 5 cm hoogte. PQ3 is bedekt met een dikke laag van dood plantenmateriaal.

Carex arenaria, *Agrostis capillaris* en de kruidensoort *Erodium cicutarium* bloeien. Het totaal aantal soorten nam toe (plus vier soorten, min één), wat waarschijnlijk een seizoensgerelateerde verandering is. De totale plantenbedekking is verminderd als gevolg van begrazing en droogte in de zomer. Typische voorjaarssoorten zoals *Cardamine hirsuta* of *Stellaria media* zijn minder overvloedig en het PQ wordt gedomineerd door grassoorten.

Figuur 96. *Overzichtsfoto van PQ3 op 28 november 2020. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

Figuur 97. *De vegetatie van PQ3 op 28 november 2020. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

Figuur 98. *De vegetatie van PQ3 op 30 maart 2021. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

Tabel 13 *PQ3 Vegetatiesamenstelling.*

No	3	3	3
Year	2021	2021	2021
Date	28/11/2020	27/03/2021	27/03/2021
Area (m2)	1 (1X1)	1 (1X1)	1 (1X1)
Total cover (%)	95	95	90
Cover herb layer (%)	70	65	65
Cover moss layer (%)	40	40	40
Vegetation height (cm)	3 - 25	3-20	3-40
total number of species (excl. mosses)	13	14	17
Vascular plants:			
Agrostis capillaris	-	-	+
Ammophila arenaria	3	2	3
Arenaria serpyllifolia agg.	+	+	0.1
Cardamine hirsuta	+	0.1	r
Carex arenaria	6	6	6
Cerastium diffusum	-	-	r
Cerastium holosteoides	+	+	+
Cirsium arvense	r	r	+
Dactylis glomerata	-	-	+
Erodium cicutarium	r	r	r
Festuca ovina agg.	+	+	+
Geranium molle	r	r	r
Holcus lanatus	r	r	-
Linaria vulgaris	-	-	+
Myosotis spec.	+	+	-
Senecio jacobea ssp. dunensis	r	r	r
Stellaria media	0.2	+	r
Taraxacum officinale agg.	-	-	r
Veronica arvensis	-	r	r
Cryptogams:			
[Brachytheciaceae]	4	4	4
Brachythecium salebrosum	0.1	0.1	0.1
Brachytecium albicans	-	+	+

2.6.2.4 Ontwikkeling van dode vegetatie naast het kadaver

Op 30 maart 2021 werden zones met dode planten geobserveerd rond het walviskadaver. De breedte van deze zones varieerde van 5 tot 23 cm. Het dode plantmateriaal was deels bedekt met een plakkerige, vette substantie (Figuur 99, Figuur 100).

In april en mei begonnen de zones van dood plantenmateriaal een ring te vormen rondom het karkas. Naast de kop van het kadaver, aan de benedenhelling zeezijde werd de zone breder maar het reikte nog niet in zijn geheel tot in PQ2. Aan de buitenzijde van de zone van dode planten vormde zich een andere ovaalvormige zone, zie Figuur 80. In deze zone waren planten zoals de grassen *Carex arenaria* (zandzegge) en *Ammophila arenaria* (helmgras) groener dan de omgeving. Sommige voorjaarsbloeiende, eenjarige planten zoals *Claytonia perfoliata* (winterpostelein, een stikstofminnende plant) waren zeer vitaal en bereikten ongewone afmetingen. De vegetatie leek te profiteren van een hogere beschikbaarheid van voedingsstoffen.

Op 9 juli 2021 bestaan alle zones van dode of stervende planten die in maart rond het walviskadaver zichtbaar waren, nog steeds. Elke plant binnen deze zone is volledig afgestorven en het gebied is bedekt met geelachtig dood plantmateriaal en in sommige delen vogeluitwerpselen. Er is geen ontkieming of uitlopen van vegetatie, ondanks de beschikbaarheid van zaden van de vroeg voorjaarsbloeiende soorten zoals *Cardamine hirsuta* (kleine veldkers). Ook grassen zoals *Carex arenaria*, die typisch nieuwe gebieden koloniseren met hun kruipende ondergrondse wortelstokken, zijn niet te vinden binnen deze zones, wat wijst op zeer ongunstige bodemgesteldheid en ongunstige groeiomstandigheden. De dode zone breidde zich niet uit aan de heuvelopwaartse, duingeoriënteerde kant van het kadaver. Aan de benedenzijde, richting de zee, was het gebied rond de kop van het walviskadaver in grootte toegenomen (Figuur 102). Een zone van dode vegetatie is een normaal verschijnsel bij grote kadavers, zoals bijvoorbeeld ook waargenomen bij karkassen van bizon in de Noord-Amerikaanse prairie (Knapp et al. 1999).

Figuur 99. *De blauwe kleur geeft het gebied aan waarin de vegetatie dood is of aangetast. Foto's: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

Figuur 100. *Zone van dode vegetatie rond de staart van het kadaver op maart 2021. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.*

Figuur 101. *Zone van dood plantenmateriaal rond het kadaver nabij vegetatieplot PQ1 op 9 juli 2021. Tussen de bamboe merktekens aan de linkerzijde is een opgedroogde vin zichtbaar (in blauwe ovaal). Foto: 9 juli 2021 Hans Verdaat.*

Figuur 102. *De vegetatie aan de benedenzijde van de kop van het kadaver (gemarkeerd in blauw) was in maart 2021 nog niet aangetast en is nu dood. Foto: 9 juli 2021 Hans Verdaat.*

Figuur 103. *De vegetatie direct naast de staart van het kadaver is in juli 2021 dood, net als in maart 2021, maar het is niet goed zichtbaar door overhangende stengels van helmgras. Foto: 9 juli 2021 Hans Verdaat.*

2.7 Bodemmonsters

2.7.1 Methoden

Bodemmonsters werden genomen om de veranderingen in nutriënten en mineralen in de bodem te volgen als gevolg van het indringen van lichaamssappen in de bodem. Bodemmonsters zijn genomen met een steekbuis met een diameter van 5 cm. De bemonsteringsdiepte was 10 cm. Per monster zijn twee steekbuizen genomen met een totaal van ongeveer 0,5 kg sediment. Omdat er als gevolg van het nemen van deze monsters twee relatief grote gaten in de grond worden gemaakt zijn de monsters niet in de vegetatie-PQs genomen maar ernaast en is er voor gekozen om geen duplo-bepaling te doen.

Meetfrequentie
Vier bodemmonsters werden genomen op 28 november 2020 en vier op 28 mei 2021. Bodemmonsters werden onderzocht door het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB) in Wageningen.

Meetlocaties 28 november 2020

1. Bodemmonster 1 is genomen naast PQ1, in zuidelijke richting (richting voorkant kadaver) op RD coördinaat 229172.08, 617047.18 op een hoogte van 4.57 m +NAP.
2. Bodemmonster 2 is genomen naast PQ2, in zuidelijke richting (richting voorkant kadaver) op RD coördinaat 229170.05, 617048.42, op een hoogte van 4.55 m +NAP.
3. Bodemmonster 3 is genomen op 2 m afstand ten westzuidwesten van het midden van het kadaver, in een lager gelegen deel op de helling (afstroming van lichaamssappen) op RD coördinaat 229168.39, 617047.88, 4.26 m +NAP.
4. Bodemmonster 4 is genomen net naast PQ3 op RD coördinaat 229163.30, 617065.62, op een hoogte van 4.81 m +NAP.

Meetlocaties 28 mei 2021

1. Bodemmonster 1 is genomen naast PQ1, op 15 cm naast het kadaver in de dode vegetatie op RD coördinaat 229171.39, 617047.80 op een hoogte van 4.64 m +NAP.
2. Bodemmonster 2 is genomen naast PQ2, op 15 cm naast het kadaver in de dode vegetatie op RD coördinaat 229170.14, 617048.80, op een hoogte van 4.71 m +NAP.
3. Bodemmonster 3 is genomen op 1,3 m afstand ter hoogte van het midden van het kadaver in de levende vegetatie op RD coördinaat 229168.93, 617048.52, 4.52 m +NAP.
4. Bodemmonster 4 is genomen op 4,5 m afstand tot de staart naast PQ3 op RD coördinaat 229166.23, 617054.56, op een hoogte van 4.55 m +NAP.

Behandeling en analyse
Voor de bodemmonsters is een voorbehandeling nodig:

- Drogen
- Zeven (<2mm)
- Colloïdaal malen (nodig voor o.a. Aqua Regia en elementair C bepaling)

Een **totaalbepaling** is verricht d.m.v. destructie met Aqua Regia. Aqua Regia wordt ook wel koningswater genoemd en is een mengsel van salpeterzuur en zoutzuur in de verhouding 1 op 3. Destructie met Aqua Regia geeft een maat voor de totale aanwezigheid in de bodem, ook als elementen niet direct biologisch beschikbaar zijn voor opname in planten.

- Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Zn door middel van totaaldestructie met Aqua Regia en massaspectrometrie (ICP-AES).
- As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V door middel van totaaldestructie met Aqua Regia en massaspectrometrie (ICP-MS).
- N-totaal m.b.v Zwavelzuur/seleen destructie
- C-elementair m.b.v. LECO
- C-organisch m.b.v. Kurmies
- Kalkgehalte m.b.v. Scheibler

Een **beschikbaarheidsbepaling** is verricht d.m.v. extractie met 0,001 M $CaCl_2$. Extractie met 0,001 M $CaCl_2$ geeft een maat voor de voor planten direct beschikbare nutriënten en mineralen.

- NH_4, NO_3+NO_2, Ntot, PO_4, pH, DOC door middel van extractie met 0.001 M $CaCl_2$ en doorstroomanalyse (CFA).
- Al, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Zn door middel van extractie met 0.001 M $CaCl_2$ en massaspectrometrie (ICP-AES).
- As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V door middel van extractie met 0.001 M $CaCl_2$ en massaspectrometrie (ICP-MS).

Voor bijna alle elementen worden **twee** bepalingen gedaan en voor bijna iedere bepaling is ook de **aantoonbaarheidsgrens** gegeven. De aantoonbaarheidsgrens is de laagste concentratie van de component in het monster waarvan de aanwezigheid betrouwbaar kan worden vastgesteld door de analytische apparatuur. De aanvoer van (zware) metalen vanuit het kadaver zal naar verwachting in de meeste gevallen slechts weinig invloed op de **totale gehalten** hebben. Wanneer dit wel zo is, zou dit betekenen dat het kadaver een forse hoeveelheid (zware) metalen in zijn lijf had en dat is bij een jong dier niet waarschijnlijk. De aanvoer van onder meer organische stof en nutriënten (zoals P) kan wel de **beschikbaarheid** van elementen veranderen. Door bijvoorbeeld lokaal de pH te verhogen of meer P in de bodem te brengen stijgt de beschikbaarheid van bijvoorbeeld arseen (As). De effecten op beschikbaarheid verschillen per element (De Vries et al., 2008). Zo daalt de beschikbaarheid van cadmium (Cd) en zink (Zn) bij hogere pH en laten andere elementen juist weer een effect zien van een verhoging van opgelost koolstof (bijvoorbeeld koper (Cu) en lood (Pb), en ook weer zink (Zn)).

Beantwoording van onderzoeksvragen

De bodemmonsters geven antwoorden voor de vragen:

- Is er een injectie van nutriënten en mineralen? Hoe verschilt dit van de omgeving?

2.7.2 Resultaten

2.7.2.1 Bodemchemie T0 op 28 november 2020

Resultaten voor **beschikbaarheidsbepaling** met 0.001 M $CaCl_2$:

	pH-meter	SFA-CaCl2		SFA-CaCl2		SFA-TOC	droogstoof
Monster nr.	**pH**	**N-NH4** [mg/kg]	**N-(NO3+NO2)** [mg/kg]	**Nts** [mg/kg]	**P-PO4** [mg/kg]	**C** [mg/kg]	**vocht (vers-105°C)** [% o.b.v. veldvochtig]
Aantoonbaar-heidsgrens		1	0.5	4	0.4	3	0.3
1	7.01	7.4	10.0	22	3.0	56	9.8
2	7.33	37.3	39.2	89	13.4	132	30.7
3	7.12	0.9	8.6	11	1.5	27	5.4
4	6.89	9.3	4.9	18	3.0	46	9.7

As [µg/kg]	**Cd** [µg/kg]	**Co** [µg/kg]	**Cr** [µg/kg]	**Cu** [µg/kg]	**Mo** [µg/kg]	**Ni** [µg/kg]	**Pb** [µg/kg]	**V** [µg/kg]
3	3	2	5	400	20	6	20	3
4	0	0.8	11	13	1	6	5	9
7	0	0.7	10	12	23	8	5	12
3	0	0.5	3	4	2	6	3	9
4	0	0.5	5	21	1	5	3	6

Zn	Al	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S
[µg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
300	0.5	3	3	0.5	0.1	3	1	0.6
47	1.2	1	37	51.3	0.05	14	3.1	2.1
60	2.0	2	99	76.0	0.09	29	13.6	7.9
15	1.1	1	19	23.7	0.04	6	1.5	0.7
40	0.8	1	46	44.6	0.03	11	3.0	2.3

Resultaten voor **totaalbepaling** met Aqua Regia:

	Scheibler	SFA-Nt/Pt	LECO-CHN	spectrofotometer	droogstoof
Monster nr.	**CaCO3** [%]	**Nt** [g/kg]	**C-elementair** [g/kg]	**C** [g/kg]	**vocht [% stoof-droog]**
Aantoonbaar-heidsgrens		0.3		3	0.3
1	-	1.1	13.9	16	0.3
2	0.33	4.3	68.2	64	1.5
3	-	0.3	3.45	5	0.1
4	-	0.9	12.2	14	0.2

As	Cd	Co	Cr	Mo	Ni	Pb	V	Al	Ca
[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
0.1	0.05	0.05	0.8	0.3	1.6	0.3	0.1	40	40
1.37	0.01	0.89	16.2	0.9	8.6	2.4	4.25	955	2043
1.59	0.03	1.01	8.0	1.0	10.3	3.4	4.64	1057	4869
1.48	0.01	0.90	4.3	0.7	8.4	2.2	4.27	953	1881
1.29	0.01	0.84	6.3	0.6	7.8	2.2	3.99	893	1074

Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Zn
[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
3	30	70	10	1	100	3	30	5
3	3107	310	439	54.2	49	159	155	10
5	3402	520	863	86.4	91	356	628	25
2	3124	296	517	49.1	45	108	84	6
2	2958	320	406	45.8	45	133	136	9

2.7.2.2 Bodemchemie T1 op 28 mei 2020

Resultaten voor **beschikbaarheidsbepaling** met 0.001 M $CaCl_2$:

	pH-meter	SFA-CaCl2		SFA-CaCl2		SFA-TOC	droogstoof
Monster nr.	**pH**	**N-NH4**	**N-(NO3+NO2)**	**Nts**	**P-PO4**	**C**	**vocht (vers-105°C)**
		[mg/kg]	**[mg/kg]**	**[mg/kg]**	**[mg/kg]**	**[mg/kg]**	**[% o.b.v. veldvochtig]**
Aantoonbaar-heidsgrens		1	0.5	4	0.4	3	0.3
1	7.79	250	0.1	288	263	751	25.7
2	7.42	581	139	900	291	1344	51.9
3	7.07	29.4	3.0	101	9.7	946	13.7
4	7.27	12.3	2.1	30	6.1	120	14.5

As	**Cd**	**Co**	**Cr**	**Cu**	**Mo**	**Ni**	**Pb**	**V**
[µg/kg]	**[µg/kg]**	**[µg/kg]**	**[µg/kg]**	**[µg/kg]**	**[µg/kg]**	**[µg/kg]**	**[µg/kg]**	**[µg/kg]**
3	3	2	5	400	20	6	20	3
54	0	3.2	6	98	10	8	13	34
33	0	5.1	8	147	23	20	14	40
14	0	9.0	9	65	13	24	7	37
7	0	0.6	3	47	7	4	2	13

Zn	**Al**	**Fe**	**K**	**Mg**	**Mn**	**Na**	**P**	**S**
[µg/kg]	**[mg/kg]**	**[mg/kg]**	**[mg/kg]**	**[mg/kg]**	**[mg/kg]**	**[mg/kg]**	**[mg/kg]**	**[mg/kg]**
300	0.5	3	3	0.5	0.1	3	1	0.6
199	0.8	4	248	46.0	0.27	828	270	148
338	1.0	3	308	15.4	0.63	353	301	82.4
304	1.4	3	70	86.6	1.09	55	11.8	22.5
37	0.4	0	38	52.0	0.05	22	7.2	4.0

Resultaten voor **totaalbepaling** met Aqua Regia:

	Scheibler	SFA-Nt/Pt	LECO-CHN	spectrofotometer	droogstoof
Monster nr.	**CaCO3**	**Nt**	**C-elementair**	**C**	**vocht [% stoof-droog]**
	[%]	**[g/kg]**	**[g/kg]**	**[g/kg]**	
Aantoonbaar-heidsgrens		0.3		3	0.3
1	-	3.3	30.0	31	1.0
2	0.31	10.5	125.0	124	3.0
3	-	1.7	23.9	23	0.7
4	-	1.5	19.7	19	0.7

As	Cd	Co	Cr	Mo	Ni	Pb	V	Al	Ca
[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
0.1	0.05	0.05	0.8	0.3	1.6	0.3	0.1	40	40
1.19	0.01	0.82	6.21	1.1	10.1	3.1	4.0	934	1659
1.29	0.04	1.29	10.91	1.6	17.5	4.1	6.6	1193	5279
1.42	0.02	1.07	4.95	1.0	11.5	2.9	4.8	1025	2265
1.37	0.02	1.10	8.35	1.2	12.1	2.7	4.4	936	1744

Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Zn
[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
3	30	70	10	1	100	3	30	5
5	3316	699	693	42.5	1320	765	679	10
11	4815	1076	885	98.6	735	1112	1127	38
4	3946	406	673	56.4	114	189	256	13
6	3855	328	510	62.7	64	154	210	9

2.7.2.3 Bodemchemie verschil T0 en T1

Bepalingen zijn gedaan voor zowel het **totaalgehalte** als voor het biologisch **beschikbare gehalte** van stoffen en voor iedere bepaling is ook de **aantoonbaarheidsgrens** gegeven.

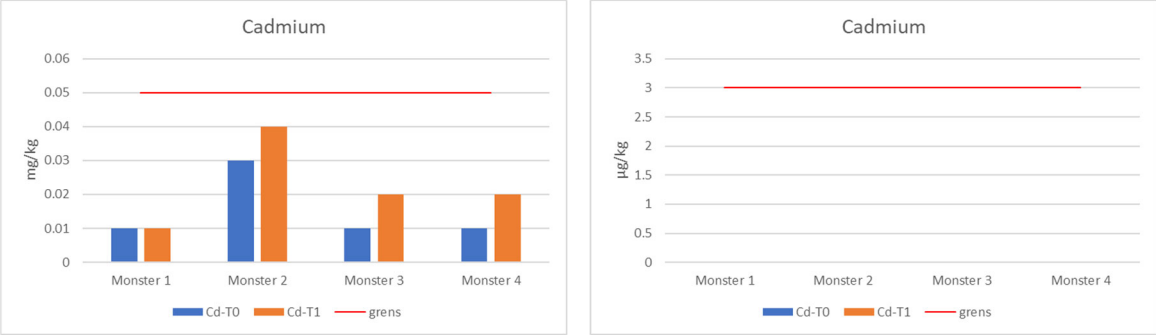
Een statistisch model werd toegepast op de data om te bepalen of er een significante toename was in de bodemgehalten op tijdstip T1 vergeleken met tijdstip T0. Daarbij is ook het interactie-effect van afstand van het monsterpunt tot het kadaver meegenomen om te bepalen of een eventuele toename in de tijd extra sterk is dichterbij het kadaver dan verder weg. Monsters 1 en 2 zijn beide vlak naast het kadaver genomen op een afstand van 0,15 m, monster 3 op 1,3 m afstand en monster 4 op 4,5 m afstand. Het statistische model gaat uit van lineaire regressie (Generalised Linear Model) onder de aanname van normaal verdeelde variabelen. Als uitvoer wordt een aantal parameters gegeven. De regressiecoëfficiënt beta (en de standaardafwijking daarin) laat zien of een gevonden verband sterk positief of sterk negatief is. Als er later in de tijd (T1) een sterke verhoging wordt gevonden ten opzichte van eerder in de tijd (T0), dan is de beta-waarde voor tijd groot en positief. Als er een sterke verhoging is nabij het kadaver en niet op grotere afstand dan is de beta-waarde voor het interactie-effect groot en negatief (er is een afname met toenemende afstand). Er wordt een t-waarde met aantal vrijheidsgraden gegeven voor een t-test op het verschil in gemiddelden tussen de twee groepen. Hoe groter positief of negatief de t-waarde hoe groter het verschil. De p-waarde geeft het significantieniveau van het gevonden verschil. Is de p-waarde kleiner dan 0,05 dan wordt er een significant verband gevonden.

Voor een aantal elementen werd een significant hoger gehalte waargenomen in T1 in vergelijking met T0 waarbij ook een significant interactie-effect met de afstand van de monsterpunten tot het kadaver werd gevonden. We interpreteren dit als een waarschijnlijk effect van het kadaver. Voor de metalen is een significant verschil gevonden tussen T1 en T0 in samenhang met een significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver voor zowel het totaalgehalte als het biologisch beschikbaar gehalte van natrium en kalium en voor het biologisch beschikbaar gehalte van vanadium en arseen. Bij de niet-metalen is een significant verschil gevonden tussen T1 en T0 in samenhang met een significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver voor het biologisch beschikbaar gehalte koolstof, totaalgehalte fosfor, biologisch beschikbaar orthofosfaat, biologisch beschikbaar zwavel, totaal beschikbaar stikstof en biologisch beschikbaar ammonium.

Voor een aantal elementen werd een significant hoger gehalte waargenomen in T1 in vergelijking tot T0 maar geen statistisch significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver terwijl de grafieken wel een mogelijk verband suggereren omdat de waarden in de nabij gelegen monsterpunten 1, 2 en 3 flink hoger zijn. We interpreteren dit als een waarschijnlijke relatie met het kadaver. Voor de metalen geldt dit voor de biologisch beschikbaar gehalten kobalt, nikkel en mangaan. Voor de niet-metalen voor het totaalgehalte zwavel.

Cadmium

Geen verhoging werd gevonden voor het gehalte cadmium in de bodem. In de bodemmonsters werd geen biologisch beschikbaar cadmium gevonden, niet in de T0-monsters en niet in de T1-monsters. Gebruikmakend van een destructie-analyse met Aqua Regia werd weliswaar cadmium aangetroffen, maar beneden de aantoonbaarheidsgrens van 0,05 mg/kg (Figuur 104). De cadmium-gehaltes in de T0-bepaling waren van gelijkwaardige grootte als in de T1-bepaling. Het referentiemonster dat is genomen op grote afstand van het kadaver (monster 4) laat net als de monsters 2 en 3 een hogere waarde van 0,01 mg/kg zien, terwijl het dichtstbijzijnde monster 1 geen hogere waarde laat zien. Afwijkende waarden tussen T0 en T1 worden verondersteld te zijn veroorzaakt door variatie vanwege heterogeniteit van de bodem.



Figuur 104. *Gehalten aan cadmium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

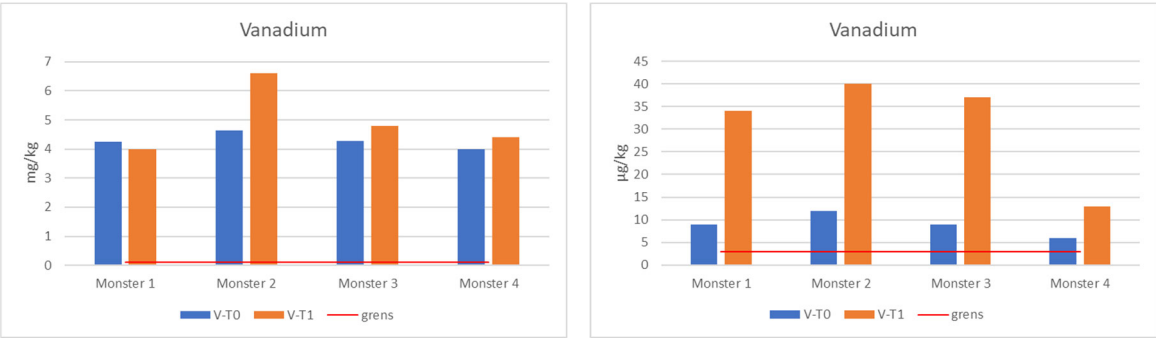
Overige metalen

Voor vanadium (V) werd geen significant hoger totaalgehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0, Figuur 105.

- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 0.97, 95% CI [-0.41, 2.35], t(5) = 1.38, p = 0.169; Std. beta = 0.42, 95% CI [-0.37, 1.21])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -0.20, 95% CI [-0.67, 0.27], t(5) = -0.84, p = 0.399; Std. beta = -0.12, 95% CI [-0.96, 0.73])

Voor vanadium (V) werd een significant hoger beschikbaar gehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0, met een significante relatie voor afstand tot het kadaver, Figuur 105.

- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 30.59, 95% CI [24.70, 36.47], t(5) = 10.18, p < .001; Std. beta = 0.82, 95% CI [0.40, 1.24]).
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -5.63, 95% CI [-7.63, -3.63], t(5) = -5.52, p < .001; Std. beta = -0.33, 95% CI [-0.78, 0.12]).

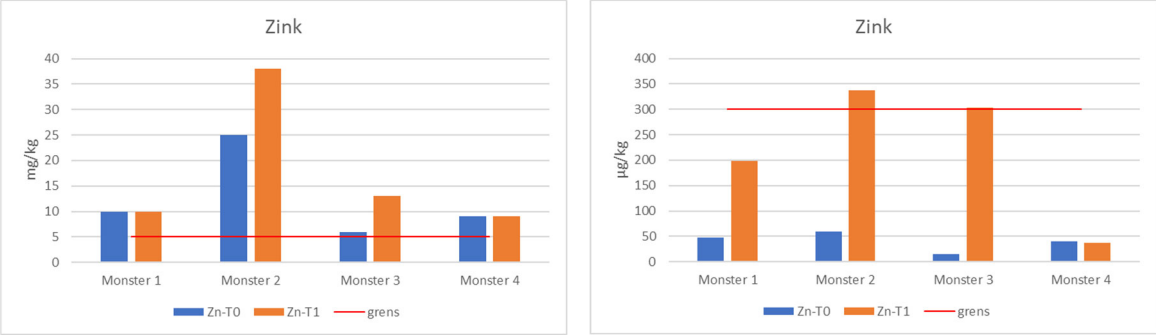


Figuur 105. *Gehalten aan vanadium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Voor zink (Zn) werd geen significant hoger totaalgehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0, Figuur 106.

- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 10.07, 95% CI [-8.35, 28.48], t(5) = 1.07, p = 0.284; Std. beta = 0.24, 95% CI [-0.60, 1.09])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -3.32, 95% CI [-9.58, 2.93], t(5) = -1.04, p = 0.298; Std. beta = -0.14, 95% CI [-1.04, 0.76])

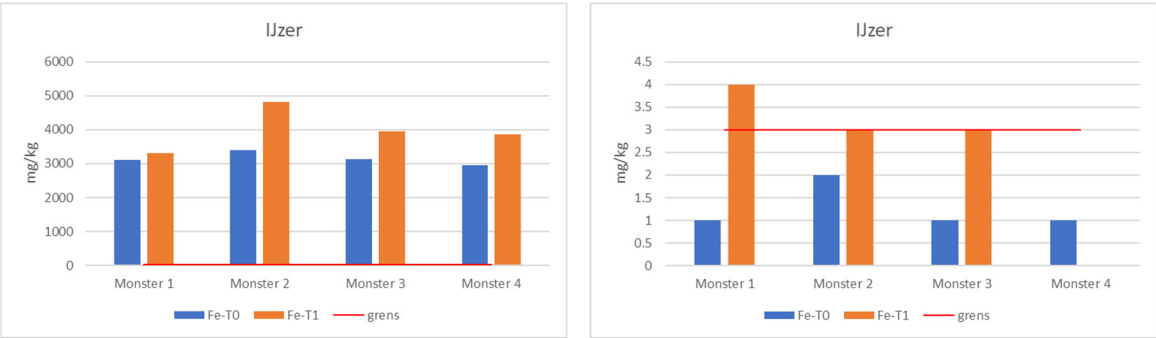
Omdat voor zink (Zn) de meetwaarden voor het beschikbaar gehalte in drie van de vier monsters onder de aantoonbaarheidsgrens van 300 µg/kg lagen, kan er geen hogere waarde worden vastgesteld tijdens T1 in de bodem nabij het kadaver, Figuur 106. Statistisch gezien is er een significante relatie met tijd en afstand, maar dit kan op basis van deze gegevens niet worden aangetoond.



Figuur 106. *Gehalten aan zink in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Voor ijzer (Fe) werd een significant hoger totaalgehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0, maar zonder significante relatie voor afstand tot het kadaver, Figuur 107.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 907.32, 95% CI [103.90, 1710.74], t(5) = 2.21, p = 0.027; Std. beta = 0.73, 95% CI [0.12, 1.33])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -47.26, 95% CI [-320.16, 225.65], t(5) = -0.34, p = 0.734; Std. beta = 0.03, 95% CI [-0.61, 0.68])

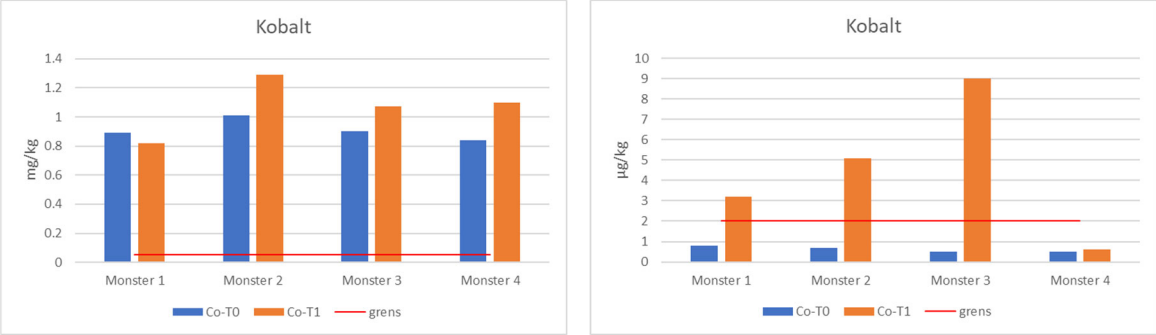
Omdat voor het beschikbaar gehalte aan ijzer (Fe) de meetwaarden grotendeels onder de aantoonbaarheidsgrens van 3 mg/kg lagen, kon er geen hogere waarde tijdens T1 worden vastgesteld in de bodem nabij het kadaver, Figuur 107. Statistisch gezien is er een significante relatie met tijd en afstand, maar dit kan op basis van deze gegevens niet worden aangetoond.



Figuur 107. *Gehalten aan ijzer in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Voor kobalt (Co) werd geen significant hoger totaalgehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0, Figuur 108.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 0.14, 95% CI [-0.11, 0.40], t(5) = 1.10, p = 0.271; Std. beta = 0.54, 95% CI [-0.18, 1.25])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = 0.01, 95% CI [-0.08, 0.10], t(5) = 0.23, p = 0.817; Std. beta = 0.22, 95% CI [-0.54, 0.99])

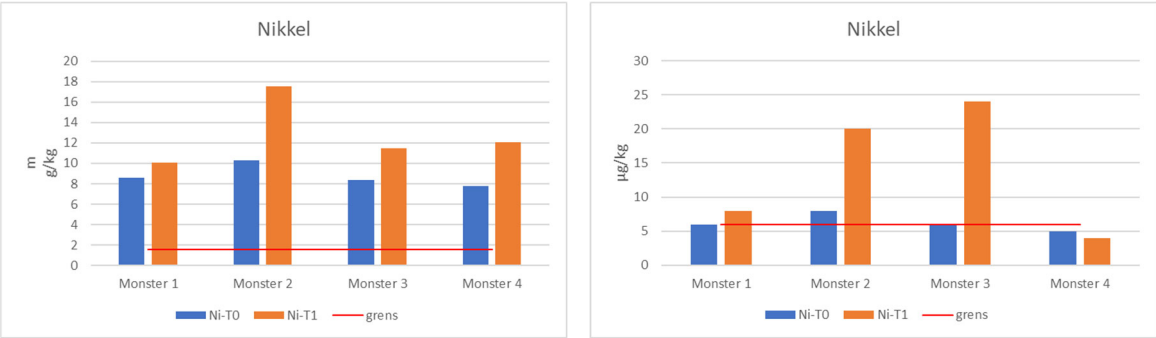
Voor het beschikbare gehalte aan kobalt (Co) is een significant hoger beschikbaar gehalte aangetroffen tijdens T1 vergeleken met T0, Figuur 108. Er is echter geen significant verband met afstand tot het kadaver.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 5.25, 95% CI [1.50, 9.01], t(5) = 2.74, p = 0.006; Std. beta = 0.66, 95% CI [0.05, 1.28])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -0.92, 95% CI [-2.19, 0.36], t(5) = -1.41, p = 0.158; Std. beta = -0.28, 95% CI [-0.94, 0.37])



Figuur 108. *Gehalten aan kobalt in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Voor nikkel (Ni) werd een significant hoger totaalgehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0, maar zonder significante relatie voor afstand tot het kadaver, Figuur 109.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 4.57, 95% CI [0.38, 8.76], t(5) = 2.14, p = 0.032; Std. beta = 0.69, 95% CI [0.06, 1.32])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -0.36, 95% CI [-1.78, 1.06], t(5) = -0.49, p = 0.622; Std. beta = 3.43e-03, 95% CI [-0.67, 0.68])

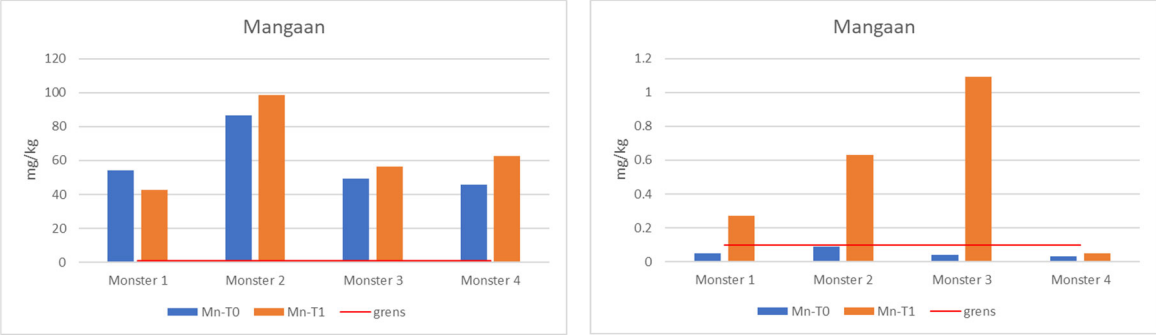
Een significant hoger gehalte aan beschikbaar nikkel werd tijdens T1 gevonden in de bodem t.o.v. T0. Er is geen relatie met afstand tot het kadaver, Figuur 109.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 11.60, 95% CI [1.45, 21.74], t(5) = 2.24, p = 0.025; Std. beta = 0.55, 95% CI [-0.14, 1.25])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -2.52, 95% CI [-5.97, 0.92], t(5) = -1.44, p = 0.151; Std. beta = -0.28, 95% CI [-1.02, 0.46])



Figuur 109*. Gehalten aan nikkel in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Voor mangaan (Mn) werd geen significant hoger totaalgehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0, Figuur 110.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 8.60, 95% CI [-29.25, 46.45], t(5) = 0.45, p = 0.656; Std. beta = 0.16, 95% CI [-0.69, 1.01])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -1.59, 95% CI [-14.45, 11.27], t(5) = -0.24, p = 0.808; Std. beta = 0.19, 95% CI [-0.72, 1.10])

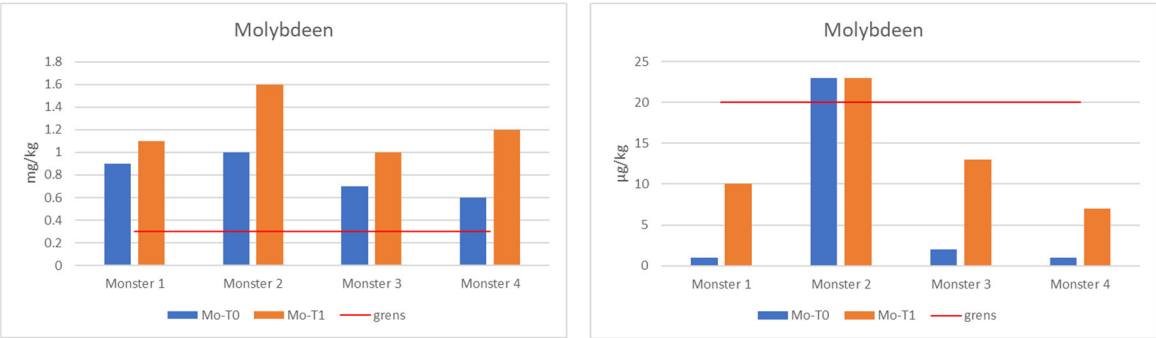
Een significant hoger gehalte aan beschikbaar mangaan werd tijdens T1 gevonden in de bodem t.o.v. T0. Er is geen relatie met afstand, Figuur 110.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 0.62, 95% CI [0.11, 1.12], t(5) = 2.41, p = 0.016; Std. beta = 0.63, 95% CI [-0.01, 1.28])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -0.11, 95% CI [-0.28, 0.07], t(5) = -1.21, p = 0.228; Std. beta = -0.25, 95% CI [-0.94, 0.44])



Figuur 110. *Gehalten aan mangaan in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Er werd een significant verschil gevonden tussen T0 en T1 voor het totaalgehalte molybdeen (Mo) in de bodem, maar geen significante relatie met afstand tot het kadaver, Figuur 111.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 0.47, 95% CI [0.07, 0.86], t(5) = 2.33, p = 0.020; Std. beta = 0.73, 95% CI [0.16, 1.31])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -0.03, 95% CI [-0.16, 0.11], t(5) = -0.42, p = 0.672; Std. beta = 0.16, 95% CI [-0.46, 0.78])

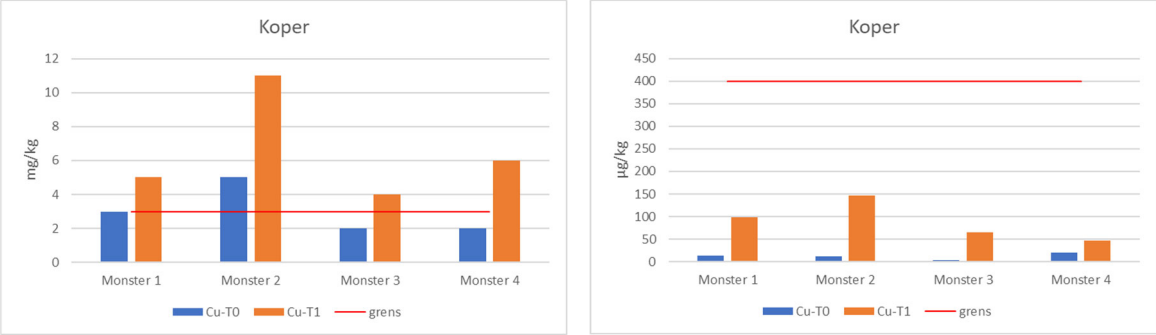
Voor het biologisch beschikbare gehalte aan molybdeen lagen de meetwaarden in drie van de vier monsters onder de aantoonbaarheidsgrens van 20 µg/kg, Figuur 111. Er kan op basis van deze gegevens geen relatie worden aangetoond.



Figuur 111. *Gehalten aan molybdeen in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Er werd geen significant verschil gevonden tussen T0 en T1 voor het totaalgehalte koper (Cu) in de bodem, Figuur 112.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 4.11, 95% CI [-0.05, 8.27], t(5) = 1.93, p = 0.053; Std. beta = 0.64, 95% CI [-0.03, 1.31])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -0.40, 95% CI [-1.81, 1.02], t(5) = -0.55, p = 0.581; Std. beta = 0.01, 95% CI [-0.71, 0.73])

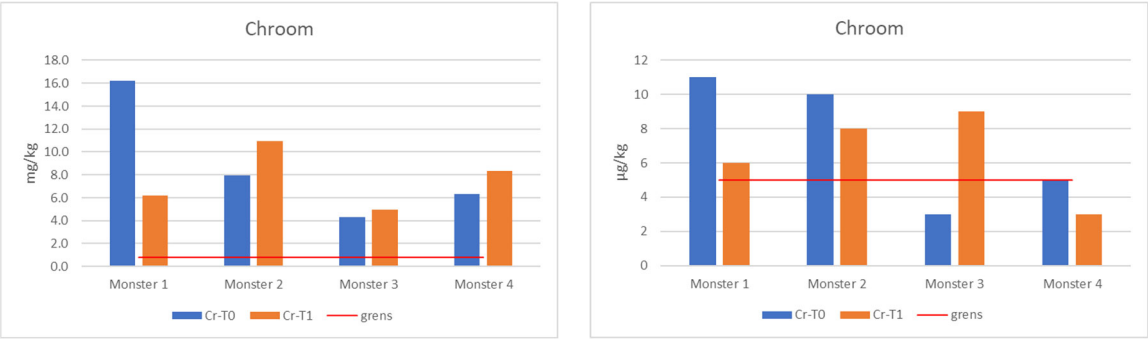
Voor het beschikbaar gehalte aan koper in de bodem lagen alle waarden onder de aantoonbaarheidsgrens. Er kan op basis van deze gegevens geen relatie worden aangetoond.



***Figuur 112**. Gehalten aan koper in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Er werd geen significant verschil gevonden tussen T0 en T1 voor het totaalgehalte chroom (Cr) in de bodem, Figuur 113.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = -1.12, 95% CI [-8.44, 6.20], t(5) = -0.30, p = 0.764; Std. beta = -0.15, 95% CI [-0.98, 0.67])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 0.01, 95% CI [-2.47, 2.50], t(5) = 0.01, p = 0.991; Std. beta = 0.32, 95% CI [-0.56, 1.20])

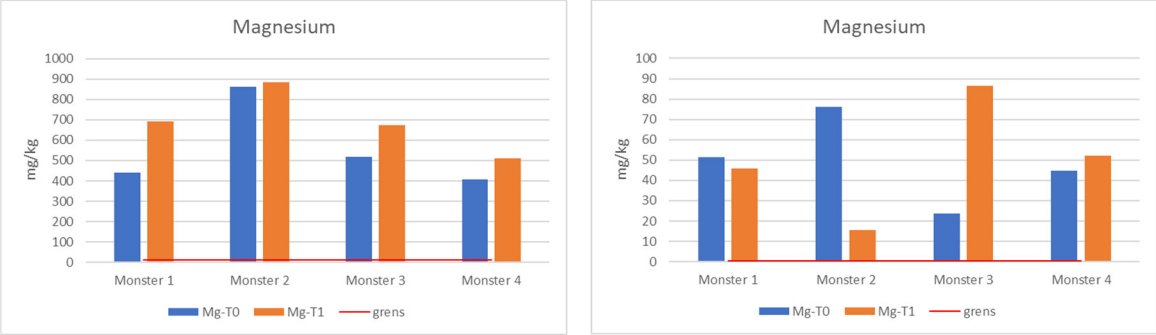
Er werd geen significant hoger beschikbaar gehalte aan chroom (Cr) tijdens T1 gevonden in de bodem t.o.v. T0, Figuur 113.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 0.74, 95% CI [-4.58, 6.05], t(5) = 0.27, p = 0.786; Std. beta = -0.13, 95% CI [-1.00, 0.74])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -0.97, 95% CI [-2.78, 0.83], t(5) = -1.06, p = 0.290; Std. beta = 0.06, 95% CI [-0.87, 0.99])



***Figuur 113**. Gehalten aan chroom in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Er werd geen significant verschil gevonden tussen T0 en T1 voor het totaalgehalte magnesium (Mg) in de bodem, Figuur 114.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 230.67, 95% CI [-51.57, 512.91], t(5) = 1.60, p = 0.109; Std. beta = 0.39, 95% CI [-0.42, 1.19])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -63.39, 95% CI [-159.26, 32.48], t(5) = -1.30, p = 0.195; Std. beta = -0.05, 95% CI [-0.91, 0.82])

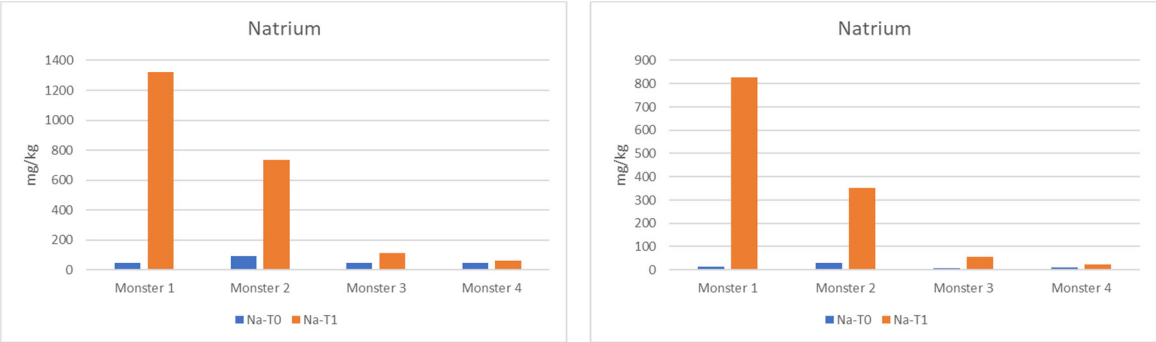
Er werd geen hoger beschikbaar gehalte magnesium gevonden tijdens T1 t.o.v. T0, Figuur 114.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -5.01, 95% CI [-49.36, 39.35], t(5) = -0.22, p = 0.825; Std. beta = 0.02, 95% CI [-0.81, 0.86])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 4.00, 95% CI [-11.06, 19.07], t(5) = 0.52, p = 0.602; Std. beta = 0.33, 95% CI [-0.56, 1.22])



Figuur 114. *Gehalten aan magnesium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Een significant hoger totaalgehalte voor natrium werd tijdens T1 gevonden in de bodemmonsters t.o.v. T0, Figuur 115 en dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 820.71, 95% CI [310.20, 1331.21], t(5) = 3.15, p = 0.002; Std. beta = 0.57, 95% CI [-0.06, 1.19])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -209.81, 95% CI [-383.21, -36.40], t(5) = -2.37, p = 0.018; Std. beta = -0.44, 95% CI [-1.11, 0.23])

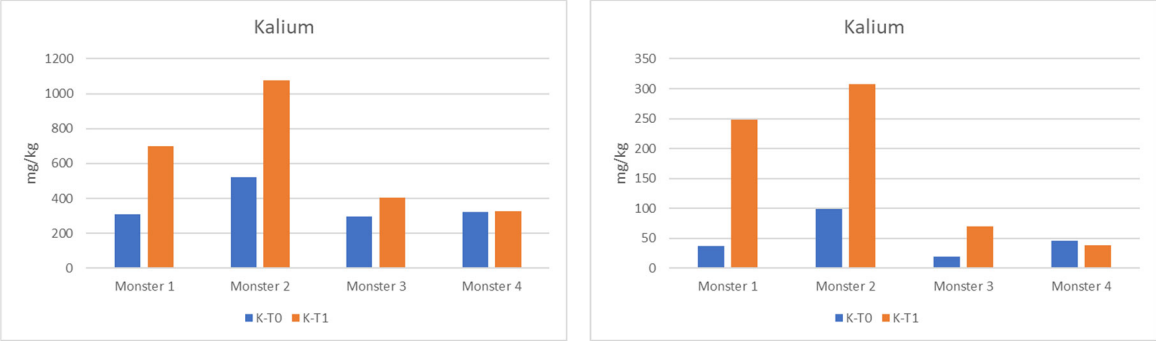
Een significant hoger beschikbaar gehalte voor natrium werd tijdens T1 gevonden in de bodemmonsters t.o.v. T0, Figuur 115. Dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 488.38, 95% CI [145.59, 831.17], t(5) = 2.79, p = 0.005; Std. beta = 0.55, 95% CI [-0.10, 1.19])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -123.86, 95% CI [-240.29, -7.42], t(5) = -2.08, p = 0.037; Std. beta = -0.42, 95% CI [-1.11, 0.27])



Figuur 115. *Gehalten aan natrium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Een significant hoger totaalgehalte aan kalium werd tijdens T1 gevonden in bodemmonsters t.o.v. de T0. Dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver, Figuur 116.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 452.87, 95% CI [138.81, 766.93], t(5) = 2.83, p = 0.005; Std. beta = 0.52, 95% CI [-0.16, 1.20])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -122.70, 95% CI [-229.38, -16.02], t(5) = -2.25, p = 0.024; Std. beta = -0.38, 95% CI [-1.11, 0.34])

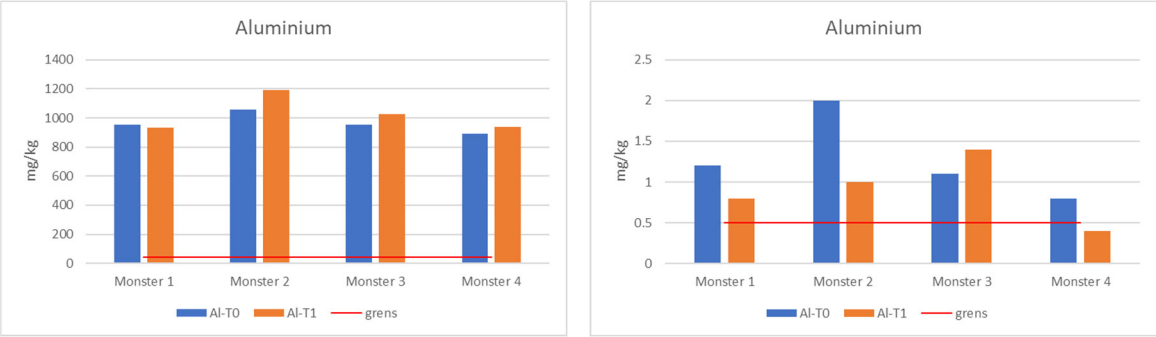
Een significant hoger beschikbaar gehalte aan kalium werd tijdens T1 gevonden in bodemmonsters t.o.v. de T0. Dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver, Figuur 116.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 195.98, 95% CI [91.14, 300.82], t(5) = 3.66, p < .001; Std. beta = 0.57, 95% CI [-0.05, 1.19])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -52.61, 95% CI [-88.22, -17.00], t(5) = -2.90, p = 0.004; Std. beta = -0.45, 95% CI [-1.11, 0.21])



Figuur 116. *Gehalten aan kalium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Er werd geen significante verhoging gevonden voor het totaalgehalte aluminium in de bodem, Figuur 117.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 102.07, 95% CI [-55.77, 259.90], t(5) = 1.27, p = 0.205; Std. beta = 0.32, 95% CI [-0.51, 1.15])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -29.23, 95% CI [-82.84, 24.39], t(5) = -1.07, p = 0.285; Std. beta = -0.04, 95% CI [-0.93, 0.85])

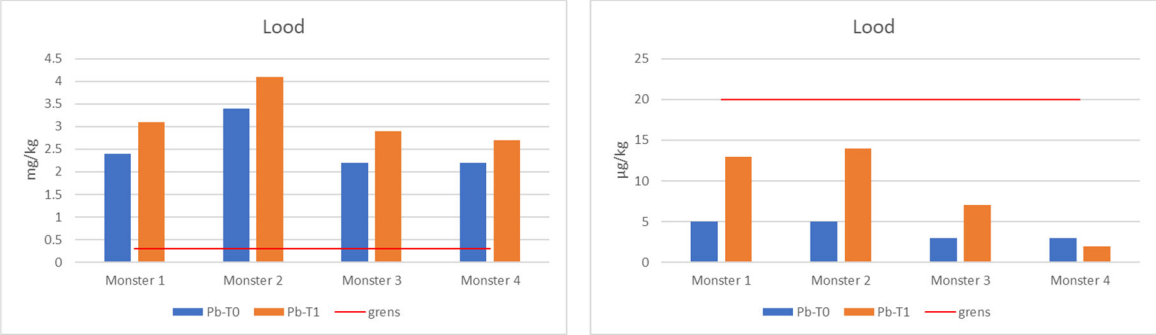
Er werd geen significant verband gevonden voor het beschikbaar gehalte aluminium in de bodem, Figuur 117. Opvallend genoeg is er in drie monsters een negatief verband in de tijd (dus een afname in gehalte).
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -0.18, 95% CI [-0.94, 0.58], t(5) = -0.47, p = 0.639; Std. beta = -0.42, 95% CI [-1.21, 0.37])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -0.13, 95% CI [-0.38, 0.13], t(5) = -0.96, p = 0.339; Std. beta = 0.11, 95% CI [-0.73, 0.96])



Figuur 117. *Gehalten aan aluminium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Er werd een significant hoger totaalgehalte lood (Pb) in de bodem gevonden, maar er is geen significante relatie met afstand tot het kadaver, Figuur 118.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 0.95, 95% CI [0.02, 1.88], t(5) = 2.01, p = 0.045; Std. beta = 0.53, 95% CI [-0.21, 1.27])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -0.20, 95% CI [-0.51, 0.12], t(5) = -1.23, p = 0.218; Std. beta = -0.07, 95% CI [-0.86, 0.72])

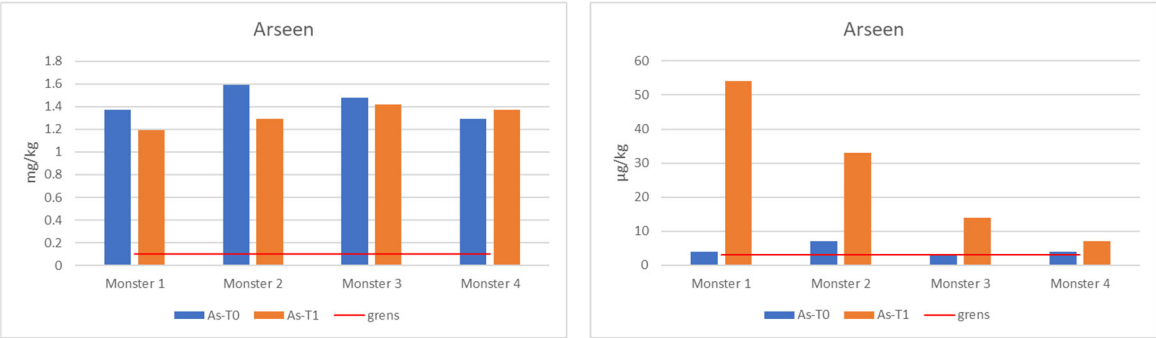
Voor het beschikbaar gehalte lood (Pb) werd geen verband gevonden omdat de meetwaarden onder de aantoonbaarheidsgrens van 20 µg/kg lagen, Figuur 118.



Figuur 118. *Gehalten aan lood in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Er werd geen significante verhoging gevonden voor het totaalgehalte arseen (As) in de bodem, Figuur 119.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = -0.16, 95% CI [-0.35, 0.04], t(5) = -1.58, p = 0.115; Std. beta = -0.49, 95% CI [-1.08, 0.09])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 0.03, 95% CI [-0.04, 0.09], t(5) = 0.81, p = 0.418; Std. beta = 0.59, 95% CI [-0.04, 1.22])

Een significant hoger gehalte werd gevonden voor het beschikbaar gehalte arseen (As) in de bodem voor T1 t.o.v. T0, Figuur 119. Dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 34.76, 95% CI [18.18, 51.34], t(5) = 4.11, p < .001; Std. beta = 0.66, 95% CI [0.09, 1.22])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -8.04, 95% CI [-13.67, -2.41], t(5) = -2.80, p = 0.005; Std. beta = -0.43, 95% CI [-1.03, 0.17])

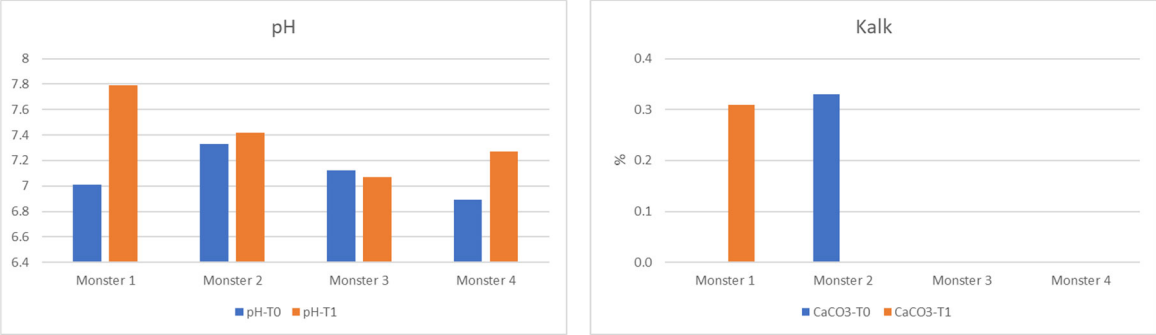


Figuur 119. *Gehalten aan arseen in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Niet-metalen

Geen significant verband tussen T1 en T0 werd gevonden voor de pH.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 0.41, 95% CI [-5.81e-03, 0.82], t(5) = 1.93, p = 0.053; Std. beta = 0.57, 95% CI [-0.16, 1.29])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -0.07, 95% CI [-0.21, 0.07], t(5) = -0.97, p = 0.332; Std. beta = -0.02, 95% CI [-0.79, 0.76])

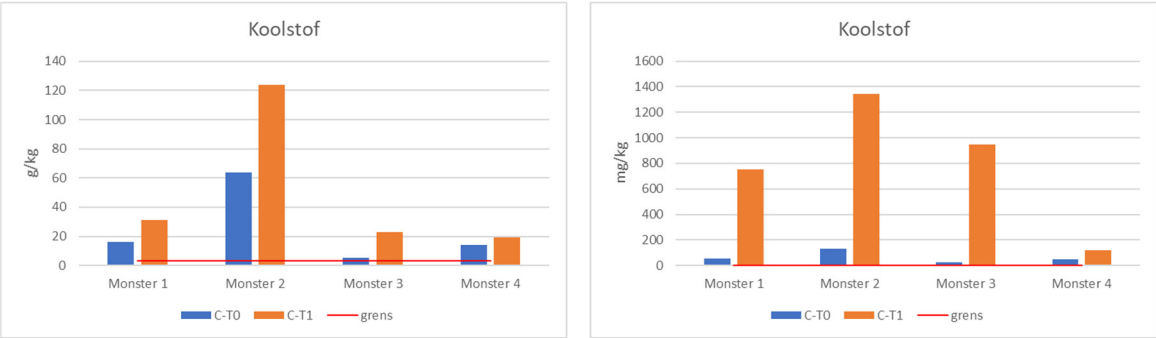
De bodem bevatte geen, of zeer weinig, kalk, Figuur 120.



Figuur 120. *De pH (links) en het gehalte kalk in de bodem (rechts).*

Er werd geen significante verhoging gevonden voor het totaalgehalte koolstof (C) in de bodem, Figuur 121.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 43.95, 95% CI [-19.15, 107.05], t(5) = 1.37, p = 0.172; Std. beta = 0.33, 95% CI [-0.48, 1.14])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -12.76, 95% CI [-34.19, 8.68], t(5) = -1.17, p = 0.243; Std. beta = -0.19, 95% CI [-1.06, 0.68])

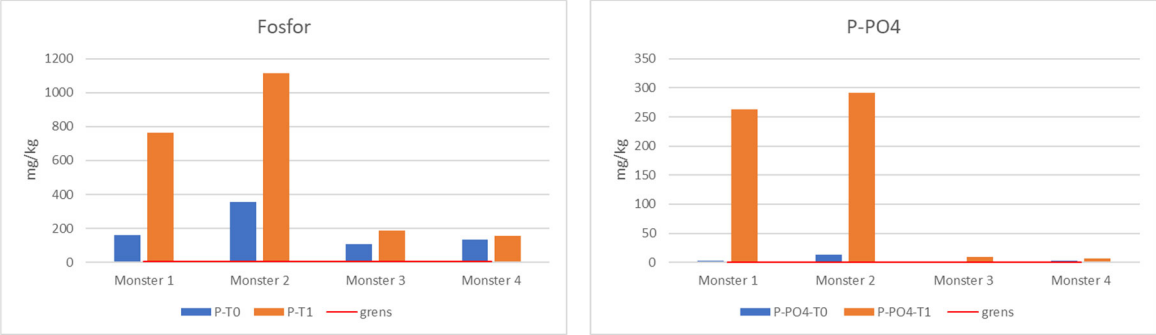
Een significant hoger gehalte beschikbaar koolstof werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. T0. Dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver, Figuur 121.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 1054.05, 95% CI [731.95, 1376.15], t(5) = 6.41, p < .001; Std. beta = 0.76, 95% CI [0.29, 1.22])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -215.77, 95% CI [-325.18, -106.36], t(5) = -3.87, p < .001; Std. beta = -0.41, 95% CI [-0.91, 0.09])



Figuur 121. *Gehalten aan koolstof in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Een significant hoger gehalte fosfor (P) werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. de T0 en dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver, Figuur 122.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 626.36, 95% CI [217.80, 1034.92], t(5) = 3.00, p = 0.003; Std. beta = 0.53, 95% CI [-0.14, 1.20])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -170.73, 95% CI [-309.51, -31.95], t(5) = -2.41, p = 0.016; Std. beta = -0.40, 95% CI [-1.11, 0.32])

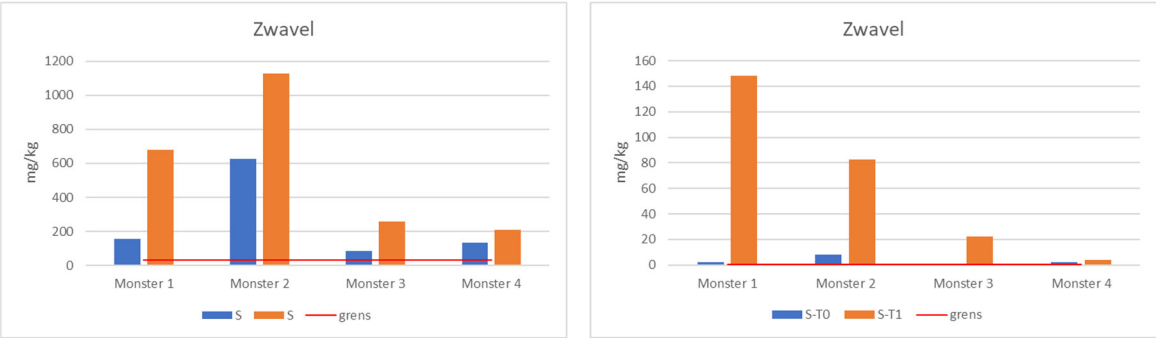
Een significant hoger gehalte orthofosfaat werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. de T0 en dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver, Figuur 122.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 226.90, 95% CI [103.41, 350.40], t(5) = 3.60, p < .001; Std. beta = 0.58, 95% CI [-0.02, 1.18])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -58.80, 95% CI [-100.75, -16.86], t(5) = -2.75, p = 0.006; Std. beta = -0.47, 95% CI [-1.11, 0.17])



Figuur 122. *Gehalten aan fosfor in de bodem, totaalgehalte (links) en gehalte aan orthofosfaat (rechts).*

Een significant hoger totaalgehalte zwavel (S) werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. de T0, maar er was geen significant verband met de afstand tot het kadaver, Figuur 123.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 547.65, 95% CI [59.81, 1035.49], t(5) = 2.20, p = 0.028; Std. beta = 0.46, 95% CI [-0.28, 1.21])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -151.08, 95% CI [-316.79, 14.63], t(5) = -1.79, p = 0.074; Std. beta = -0.27, 95% CI [-1.07, 0.53])

Een significant hoger gehalte beschikbaar zwavel werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. de T0 en dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver, Figuur 123.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 98.25, 95% CI [46.14, 150.35], t(5) = 3.70, p < .001; Std. beta = 0.61, 95% CI [0.02, 1.20])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -24.44, 95% CI [-42.14, -6.74], t(5) = -2.71, p = 0.007; Std. beta = -0.45, 95% CI [-1.08, 0.18])



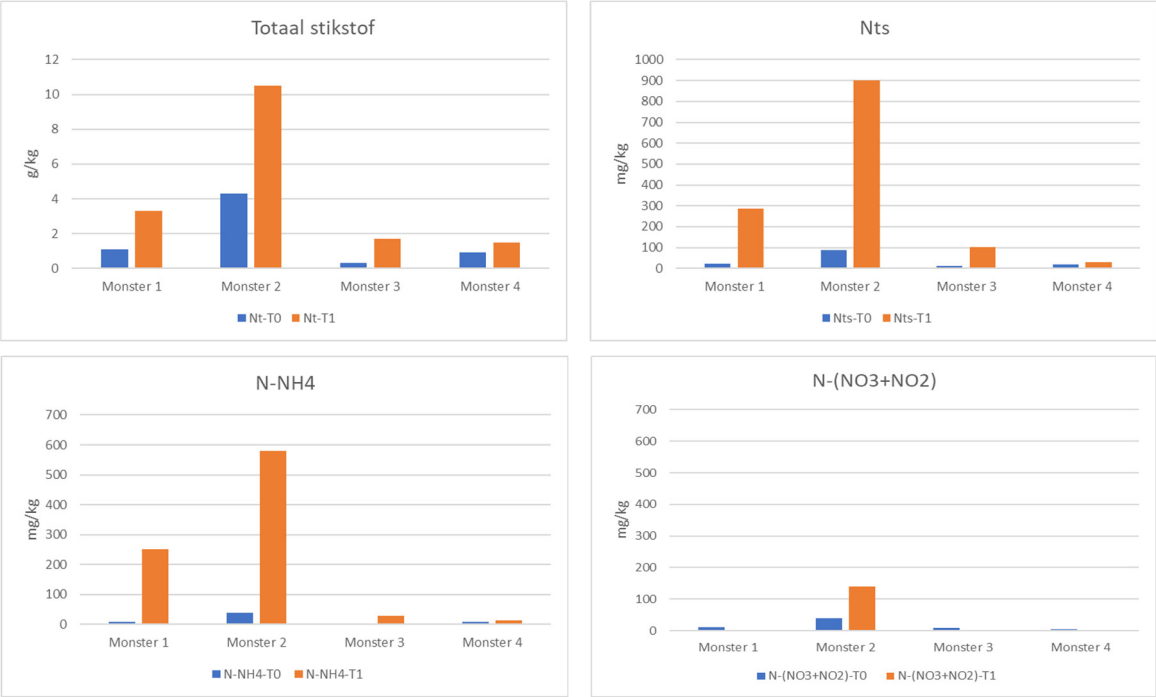
Figuur 123. *Gehalten aan zwavel in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts).*

Er werd geen significante verhoging gevonden voor het totaalgehalte stikstof (N) in de bodem.
- Het effect van tijd is statistisch niet-significant en positief (beta = 4.39, 95% CI [-0.54, 9.32], t(5) = 1.75, p = 0.081; Std. beta = 0.42, 95% CI [-0.35, 1.19])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -1.17, 95% CI [-2.85, 0.50], t(5) = -1.38, p = 0.169; Std. beta = -0.24, 95% CI [-1.07, 0.58])

Een significant hoger gehalte aan totaal beschikbaar stikstof werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. de T0, en dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver, Figuur 124.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 483.17, 95% CI [100.13, 866.21], t(5) = 2.47, p = 0.013; Std. beta = 0.52, 95% CI [-0.16, 1.20])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch niet-significant en negatief (beta = -123.55, 95% CI [-253.66, 6.56], t(5) = -1.86, p = 0.063; Std. beta = -0.39, 95% CI [-1.11, 0.34])

De grootste bijdrage aan beschikbaar stikstof werd gevormd in de vorm van ammonium (N-NH4) in vergelijking met stikstof in de vorm van nitriet of nitraat (N-(NO3+NO2)), Figuur 124. Voor de laatste

werd geen significante verhoging gevonden, voor ammonium werd wel een significante verhoging gevonden die significant samenhangt met de afstand tot het kadaver.
- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 338.24, 95% CI [93.76, 582.72], t(5) = 2.71, p = 0.007; Std. beta = 0.53, 95% CI [-0.12, 1.19])
- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -87.73, 95% CI [-170.78, -4.69], t(5) = -2.07, p = 0.038; Std. beta = -0.42, 95% CI [-1.12, 0.28])



Figuur 124. *Gehalten aan stikstof-verbindingen in de bodem, totaalgehalte (linksboven), biologisch beschikbaar totaal-stikstof (rechtsboven), ammonium-stikstof (linksonder) en nitriet&nitraat-stikstof (rechtsonder).*

3 Evaluatie en aanbevelingen

Een aangespoelde juveniele dwergvinvis werd op Rottumerplaat neergelegd met de bedoeling het te laten ontbinden en het ontbindingsproces te monitoren. Onderzoeksvragen van Rijkswaterstaat richtten zich op het afbraakproces (wat is de evolutie van het afbraakproces, hoe snel gaat het, hoe werkt het, hoe lang duurt het?), overlast door geur en ontploffingsgevaar (ontploft het kadaver, hoe verloopt de geur over de tijd?), biodiversiteit (welke soorten profiteren van het kadaver, welke functies heeft het kadaver en hoe is de successie van soorten, hoeveel soorten maken gebruik van het kadaver?), verrijking van de bodem met nutriënten en mineralen (is er een injectie van nutriënten en mineralen, hoe verschilt dit van de omgeving, welke soorten profiteren daarvan?), en de duinen (wat zijn de gevolgen voor erosie, sedimentatie, duinvorming?). Een evaluatie van de bevindingen wordt hier gerapporteerd op basis van zeven maanden monitoring die heeft plaatsgevonden tussen 28 november 2020 en 9 juli 2021.

Geen literatuur kon gevonden worden over walviskadavers die ontbinden in duinen behalve een fotoserie van het kadaver van een dwergvinvis in de duinen van Juist, bijlage 1. Er zijn wel experimenten beschreven waarin opzettelijk kadavers van vissen in Australische duinen werden achtergelaten die met wildcamera's werden gemonitord (Huijbers et al., 2013). Hier kwamen roofvogels, vossen, katten, honden en spookkrabben (Schlacher et al., 2013) op af. Het maken van een vergelijking met bestaande literatuur is voor dit walviskadaver dus beperkt mogelijk.

3.1 Evaluatie van het afbraakproces

Bij het aanspoelen was het kadaver al in een redelijke staat van ontbinding. Het had al geruime tijd in zee gedreven. Het kadaver was gezwollen, de tong stak uit en de opperhuid was aan het loslaten. Het kadaver werd daarom in *Decomposition Condition Category* (DCC) CODE 3 ingedeeld; '*moderate decomposition'*. Twee maanden na aanspoelen bereikte het kadaver het stadium DCC CODE 4; '*advanced decomposition*'. Het stadium DCC CODE 5; '*mummified or skeletal remains*' werd zes maanden na aanspoelen bereikt (zie Figuur 73 voor de DCC CODES).

De metingen aan het volume lieten zien dat kadaver in de eerste maand na aanspoelen nog aan het opzwellen was, maar vanaf de tweede maand nam het volume af en het volume nam versneld af in de zesde maand na aanspoelen.

Een verkleuring van de huid naar lichtbruin trad op twee maanden na aanspoelen en de kleur werd in enkele maanden tijd donkerbruin. Dit wordt veroorzaakt door chemische reacties die optreden in de afbraak van vetten, vetzuren en aminozuren (Zamora & Hidalgo, 2005; Domínguez et al., 2019). De huid bleef tot zes maanden na aanspoelen intact voordat er (kleine) gaten in vielen. Organen werden van binnenuit verteerd door een combinatie van onder meer maden, bacteriën en enzymen. Vocht uit het kadaver sijpelde de bodem in.

De afbraak van een dwergvinvis in de duinen van Juist geeft een indicatie van toekomstige ontwikkelingen. Op basis hiervan is de verwachting dat, als het kadaver ter plaatse blijft liggen, eind 2022 de schedel bloot komt te liggen, maar dat dan nog niet al het weefsel van het lijf is ontbonden. Eind 2023 is er naar verwachting nog steeds veel niet-ontbonden huid overgebleven. Eind 2024 zijn er naar verwachting losse skeletdelen te zien, maar die zijn dan nog niet helemaal schoon van weefselresten. Pas eind 2026 zijn naar verwachting de botten schoon.

3.2 Evaluatie van overlast door geur en ontploffingsgevaar

De geur was niet objectief en kwantitatief vast te stellen zonder zeer dure apparatuur. Vlak na het aanspoelen was de geur van het kadaver niet sterk, passend bij de decompositiecode DCC CODE 3. De geur werd sterker toen het kadaver in DCC CODE 4 kwam. De geur was echter nooit een overweldigende stank. Benedenwinds van het kadaver was het goed waarneembaar vanaf een afstand van ongeveer 10-30 m tot het kadaver. De vogelwachters die hun onderkomen hadden op 45 m afstand van het kadaver fungeerden als 'geursensoren'. Op sommige dagen met een milde wind uit het zuidwesten kon de geur in de duinkom van het vogelwachtersonderkomen blijven hangen. De geur was dan niet intensief maar wel onprettig om lange tijd in te verblijven. Het is waarschijnlijk dat er een hevigere geur ontstaat bij een kadaver van een grotere walvis of wanneer een walvis in de zomer strandt, bij hogere temperaturen.

Er bestaat ook een vermeend gevaar op ontploffen van een kadaver. Dit kan zich voordoen bij vers aangespoelde dieren door de opeenhoping van ontbindingsgassen (Reisdorf et al., 2012). De gasopbouw is sterk afhankelijk van temperatuur, de structurele integriteit van het kadaver evenals biotische (bacteriële type en activiteit) factoren (Moore et al. 2020). Vaak leidt de drukopbouw binnen het kadaver tot het sissend ontsnappen van de gassen uit openingen zoals mond, blaasgat of anus. Ontploffingen doen zich voor zover bekend uitsluitend voor wanneer iemand met een scherp voorwerp in de walvis steekt, of wanneer een kadaver wordt verplaatst of vervoerd (Reisdorf et al. 2012).

3.3 Evaluatie van de biodiversiteit

Het kadaver zelf vormde geen feestmaal voor vogels. Normaal gesproken worden kadavers van bijvoorbeeld zeehonden en bruinvissen door vogels opengemaakt en leeggegeten. Echter, de huid van de walvis leek te stevig om opengepikt te worden door vogels. Zoogdieren als muizen, ratten, wilde zwijnen of vossen, die het kadaver voor andere aaseters (zoals vogels) kunnen openen, komen op Rottumerplaat niet voor. De vaakst waargenomen vogels waren scholekster (40%), ekster (32%) en zwarte kraai (21%). Zwarte kraai werd in de zomer weinig waargenomen, eksters des te meer. Twee paartjes scholekster hebben gebroed in de nabijheid van het kadaver en zij foerageerden vaak naast het kadaver. De scholeksterkuikens verbleven ook dagenlang in de buurt van en zelfs bovenop het kadaver om te foerageren, ondanks de aanwezigheid van eksters. Kennelijk verschafte het kadaver en de directe omgeving van het kadaver een goede voedselbron. Vogelsoorten die zijn geregistreerd als foeragerend op het kadaver zijn zwarte kraai, scholekster, zilvermeeuw, grote mantelmeeuw, ekster, zwarte roodstaart en kramsvogel. Hiervan werd het vaakst zwarte kraai gezien (54%), daarna ekster (28%) en daarna grote mantelmeeuw (11%). Deze vogelsoorten komen af op het vlees van het kadaver. Foeragerende scholekster, zwarte roodstaart en kramsvogel komen af op de insecten of de maden die op of in het kadaver te vinden zijn. Insectenetende vogels werden ook foeragerend in de vegetatie naast het kadaver waargenomen. De potvallen lieten zien dat vliegenmaden ook buiten het kadaver voorkwamen, dus wellicht waren deze prooien van insecteneters. In totaal werden 26 vogelsoorten gezien, waaronder vier aaseters, 13 insecteneters, twee aas- en insecteneters en de overige zeven soorten waren passanten die min of meer toevallig op beeld werden vastgelegd. Op enkele momenten leken er ook konijnen van het kadaver te 'foerageren'. Het kan zijn dat ze op zoek waren naar sporenelementen, dit is bekend van konijnen die in de winter aan kadavers vreten.

Het kadaver trok vliegen aan. Bij de aangetroffen vliegen zaten eerst strontvliegen en mestvliegen die geen duidelijke binding met het kadaver hebben. Waarschijnlijk werden deze aangetrokken door de grote hoeveelheid konijnenkeutels die in de buurt van het kadaver liggen. Pas vanaf april werden vliegen gevonden die hun eieren leggen op aas. Grote aantallen larven (maden) van vleesvliegen en bromvliegen werden in de potvallen gevangen.

Bij het kadaver werden pissebedden, oorwormen, duizendpoten en miljoenpoten aangetroffen. Dit zijn allen gewone soorten die je in duingebied kan verwachten. In hoeverre de duizendpoten, pissebedden en oorwormen samenhangen met het kadaver is niet duidelijk vast te stellen, hoewel de hoogste aantallen pissebedden dichtbij het kadaver werden gevonden.

In de potvallen is een groot aantal kevers aangetroffen, in totaal 1377 exemplaren van 57 soorten. Een flink aantal (21) van die soorten is nieuw voor Rottumerplaat. Dat wil zeggen, nog niet eerder beschreven in het standaardwerk van Zekhuis & De Vries (2012) over de fauna van Rottum. Dit geeft tevens aan dat het gebied slecht op kevers onderzocht is. Op Rottumerplaat liggen dode konijnen en dode vogels waar aaskevers van kunnen profiteren. Bij de nieuw gevonden soorten zitten kevers die een goed vliegvermogen hebben en vanaf het vasteland of een naburig eiland, vliegend, specifiek op het kadaver kunnen zijn afgekomen. Er zijn 3 soorten aaskevers (Silphidae) gevonden. De krompootdoodgraver (*Nicrophorus vespillo*, 1 ex.), oeveraaskever (*Necrodes littoralis*, 2 ex.) en *Thanasphilus sinuatus* (geen Nederlandse naam, 1 ex.) zijn echte kadavervreters. Deze (grotere) kevers zijn nog niet eerder op Rottumerplaat waargenomen. Er werden ook grote aantallen aangetroffen (vooral in het juli-monster) van de 'huid-eter' *Dermestes frischii* en de 'botten-knager' *Omosita colon*. Daarnaast werden enkele exemplaren van vleesetende kortschildkevers van de genera Philonthus, Ocypus en Quedius gevonden. Het laten liggen van een walviskadaver blijkt van hoge waarde te zijn voor de biodiversiteit aan kevers. In vergelijking met kleinere kadavers van vogels of landzoogdieren trok dit grote kadaver hoge aantallen kevers aan, zoals bleek uit potvallen. Omdat het lang blijft liggen kunnen meerdere generaties kevers worden grootgebracht. En er zullen nog lange tijd huid- en botresten blijven liggen die gespecialiseerde keversoorten kunnen aantrekken.

3.4 Evaluatie van verrijking van de bodem

Voor een aantal elementen werd een significant hoger gehalte in de bodem waargenomen een half jaar na stranding (T1) in vergelijking met T0 waarbij ook een significant interactie-effect met de afstand van de monsterpunten tot het kadaver werd gevonden. We interpreteren dit als een waarschijnlijk effect van het kadaver. Voor de metalen geldt dit voor zowel het totaalgehalte als het biologisch beschikbaar gehalte van natrium en kalium. Een mogelijke bron van deze zouten vormen de organen, het bloed en het lymfevocht van de walvis. Daarnaast werd een waarschijnlijk effect gevonden op het biologisch beschikbaar bodemgehalte van vanadium en arseen.

Bij de niet-metalen is een significant verschil gevonden tussen T1 en T0 in samenhang met een significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver voor het biologisch beschikbaar gehalte koolstof, totaalgehalte fosfor, biologisch beschikbaar orthofosfaat, biologisch beschikbaar zwavel, totaal beschikbaar stikstof en biologisch beschikbaar ammonium. Verhoogde waarden van nutriënten worden veroorzaakt door het in de bodem sijpelen van organisch materiaal afkomstig van de weefsels van de walvis. Hiermee wordt de bodem verrijkt met de nutriënten fosfor, zwavel en stikstof en volgen tal van bacteriologische reacties in de bodem. Stikstof bleek voornamelijk in de vorm van ammonium voor te komen, een verschijnsel dat ook bekend is van de ontbinding van menselijke lijken (Dent et al., 2004).

Voor een aantal elementen werd een significant hoger gehalte waargenomen in T1 in vergelijking tot T0 maar geen statistisch significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver terwijl de grafieken wel een mogelijk verband suggereren omdat de waarden in de nabij gelegen monsterpunten 1, 2 en 3 flink hoger zijn. We interpreteren dit als een waarschijnlijke relatie met het kadaver. Voor de metalen geldt dit voor de biologisch beschikbaar gehalten kobalt, nikkel en mangaan. Voor de niet-metalen voor het totaalgehalte zwavel.

Een modelstudie van Heiss (2020) liet zien dat een begraven walviskadaver hoge concentraties koolstof en ammonium kan lekker naar het grondwater. Via het grondwater kan dit de zee bereiken en daarmee leiden tot verrijking van nutriënten en het aantrekken van haaien. In de modelstudie is aangenomen dat een kadaver is begraven tot onder de grondwaterspiegel (in de verzadigde zone). Een experimentele studie van Tucker et al. (2019) liet zien dat transport van stoffen uit walviskadavers die zijn begraven in de onverzadigde zone gering is. Zij achten het onwaarschijnlijk dat een walviskadaver die is begraven boven de grondwaterspiegel op een afstand van meer dan 25 m tot de vloedlijn stoffen lekt naar het grondwater. Het walviskadaver van Rottumerplaat ligt ruim boven de grondwaterspiegel.

3.5 Evaluatie van cadmium in de bodem

Een van de redenen waarom een aangespoelde walvis wordt beschouwd als afval en moet worden opgeruimd is dat deze dieren een hoog gehalte aan cadmium in organen en skelet opgeslagen kunnen hebben en derhalve als chemisch afval beschouwd moeten worden (MinVenW, 2007).

In de bodemmonsters op Rottumerplaat werd geen biologisch beschikbaar cadmium gevonden nadat het kadaver voor een periode van zes maanden op de plek had gelegen. Gebruikmakend van een destructie-analyse met Aqua Regia werd weliswaar cadmium aangetroffen, maar deze was beneden de aantoonbaarheidsgrens van 0,05 mg/kg. De aantoonbaarheidsgrens is de laagste concentratie van de component in het monster waarvan de aanwezigheid nog betrouwbaar kan worden vastgesteld. Er is dus een dusdanig laag (achtergrond)-gehalte aan cadmium in de bodem aanwezig dat deze niet betrouwbaar kan worden gekwantificeerd. Geconcludeerd kan worden dat de dwergvinvis op Rottumerplaat tijdens de huidige monitoring niet heeft geleid tot vervuiling van de bodem met cadmium. Dit is op zich niet verwonderlijk omdat het een jong dier betrof zodat bioaccumulatie met cadmium nog niet heeft kunnen plaatsvinden.

3.6 Evaluatie van vegetatieontwikkeling

Het duin waarin het kadaver werd neergelegd bestond uit verstoorde grond en betrof reeds een voedselrijk duin met veel konijnenkeutels. Veranderingen van de vegetatie bij het kadaver waren voornamelijk het gevolg van seizoenseffecten en begrazing door konijnen. Daarnaast trad er sterfte van vegetatie op in een zone tot 23 cm rondom het kadaver. Bij het walviskadaver hangt het vermoedelijk samen met de hoge gehalten aan ammonium die zijn gemeten. Een zone van dode vegetatie is een normaal verschijnsel bij grote kadavers, zoals bijvoorbeeld ook waargenomen bij karkassen van bizon in de Noord-Amerikaanse prairie (Knapp et al. 1999). Deze bizonkarkassen doden meestal onderliggende en aangrenzende planten, waardoor er een ontsmette zone van 4-6 m^2 ontstaat. Hoewel de vloeistoffen die in eerste instantie zijn vrijgegeven in voor vegetatie giftige concentraties voorkomen, worden deze plekken uiteindelijk zones met hoge vruchtbaarheid. Ook bij het walviskadaver was er vlak buiten de zone van dode vegetatie in april en mei al een versnelde groei en hoge vitaliteit van voorjaarsbloeiers te zien als gevolg van verhoogde toevoer van stikstofverbindingen. Er waren geen ontwikkelingen in de morfologie van het duin omdat er geen stuivend zand was.

3.7 Aanbevelingen

De meest uitgebreide beschrijvingen van ervaringen met strandingen van walvisachtigen hebben betrekking op Amerikaanse en Australische kusten (Geraci & Lounsbury, 1993; Tucker et al., 2018). Gebaseerd op ervaringen langs Amerikaanse kusten onderscheiden Geraci & Lounsbury (1993) zeven opties na stranding: i) laten liggen, ii) begraven, iii) verplaatsen, iv) terug in zee brengen, v) afvoeren naar een destructiebedrijf, vi) opblazen met explosieven of vii) verbranden. De auteurs concludeerden dat de beste manier om met een walviskadaver om te gaan is door het te begraven, af te voeren naar een destructiebedrijf of terug in zee te slepen. Ze wijzen erop dat weinig grootschalige bergingsoperaties zullen verlopen zoals gepland en dat eventuele vooruitgang om deze problemen te overwinnen zich waarschijnlijk in een langzamer tempo blijven ontwikkelen dan de memorabele verhalen over wat er misging.

Gebaseerd op ervaringen langs Australische kusten onderscheiden Tucker et al. (2018) vier opties na stranding: (1) het laten liggen van een walviskadaver om ter plaatse te ontbinden, (2) strandbegraving, (3) naar zee slepen en (4) afvoeren naar een destructiebedrijf. Het ter plaatse laten liggen van een walviskadaver wordt door hen de meest kosteneffectieve en natuurlijke methode gevonden, maar roept problemen op van onplezierig aanzicht en onplezierige geur, en veranderingen in bodem- en grondwaterchemie. Daarnaast wordt door hen melding gemaakt van de aantrekking van haaien en indien toegepast, verontreiniging van de omgeving met euthanasiemiddelen. Tucker et al. (2018) wijzen ook op het risico van ziekteverwekkers en zoönosen (van dieren op mensen overdraagbare ziekten), en stellen dat “more research is needed”. In Nederland bevat de Leidraad stranding levende grote

walvisachtigen (MinLNV, 2020) een toelichting van de Universiteit Utrecht op het voorkomen van zoönosen overgedragen door walvisachtigen. Enkele van de belangrijkste bevindingen zijn dat de hoogste risico's voor infectie optreden wanneer walvisachtigen nog leven of na consumptie van (rauw) walvisvlees. Bij dode walvisachtigen moet voorzichtig worden omgegaan met tanden/bek, darminhoud en beschadigde huidplekken of verwondingen. Er zijn door de Universiteit Utrecht geen rapportages gevonden waarbij publiek geïnfecteerd is geraakt na het bezoek van een gestrande walvis.

Tucker et al. (2018) geven aan dat het laten liggen van een kadaver geen haalbare optie is voor locaties die in of nabij woonkernen liggen, of op stranden met veel openbaar verkeer, met als reden de geur en de onaangename aanblik van ontbinding. Dit is een begrijpelijke aanbeveling, maar tegelijkertijd vormen gestrande walvissen een fascinerend onderwerp voor het grote publiek (Sousa & Brito, 2012). Bij het laten liggen van een kadaver wijzen Tucker et al. (2018) op het risico dat een walviskadaver terug in zee spoelt. Hierdoor kan het kadaver namelijk naar een meer bevolkt gebied drijven en daar aanspoelen, of het kadaver vormt een gevaar voor de scheepvaart. Er is een geval bekend waarin strandbeheerders in Florence, Oregon (USA) dit probeerden te voorkomen door middel van explosieven. Het idee was om het kadaver in kleinere stukken te krijgen die door aaseters zoals vogels opgeruimd zouden worden. Maar de explosie had niet het beoogde effect en het opruimen van de brokstukken werd een langdurig proces. Deze casus is inzichtelijk te zien op YouTube, zoek op 'Exploding Whale 1970'.

Tot slot zijn er recente gevallen bekend waarin een gestrande walvis is benut voor menselijke consumptie, of bijvoorbeeld als hondenvoer (Geraci & Lounsbury et al., 1993). Historisch gezien zijn walviskadavers wereldwijd benut voor voedsel, olie of andere materialen (Quaggiotto et al., 2022). In Nederland is het illegaal om onderdelen van een walviskadaver mee te nemen, maar internationaal bestaan er uitzonderingen voor inheemse volkeren die walvisdelen mogen verwijderen voor consumptie, bijvoorbeeld in de VS (Alaska), Canada, Rusland (Chukotka), IJsland en Groenland (Gambell, 1993).

Als aanbeveling geven Tucker et al. (2018) het maken van kaarten die laten zien waar welke opties voor walviskadavers het meest kansrijk zijn. Verder achten ze het noodzakelijk om duidelijke regelgeving en organisatiestructuren te ontwikkelen. Hierin worden verantwoordelijkheden voor alle verwijderingsprocessen beschreven, alsmede potentiële problemen en uitdagingen. De aanbevolen kaarten, regelgeving en verantwoordelijkheden moeten volgens hen ook de toegang tot walviskadavers vergemakkelijken voor onderzoeksinstellingen voordat de kadavers worden gewijzigd of verwijderd. Bovendien moeten volgens Tucker et al. (2018) communicatie- en beheerprotocollen worden opgesteld tussen overheidsinstanties en de lokale bevolking.

In een studie naar de ecosysteemdiensten van gestrande walvissen beschrijven Quaggiotto et al. (2022) dat walviskadavers een natuurlijk voorkomend element van de kust zijn. Ze worden al duizenden jaren door mensen benut voor voedsel, olie en botten, en ook door kennis op te doen van de zee door observaties aan gestrande walvissen. Daarnaast zijn gestrande walvisachtigen een sleutelbron van voedsel voor aaseters en ze leveren voedingsstoffen voor kustsedimenten, dus ze zijn een integraal onderdeel van kustecosystemen. Gezien deze belangen moedigen Quaggiotto et al. (2022) het laten liggen ten behoeve van natuurlijke ontbinding aan, op voorwaarde dat aan wettelijke vereisten en veiligheid kan worden voldaan.

Quaggiotto et al. (2022) bevelen aan dat het beheer van gestrande walvisachtigen seizoens- en locatieafhankelijk gemaakt wordt. Wanneer strandingen optreden in het hoogseizoen stellen ze voor een tijdelijke toegangsbeperking in te stellen voor de nabijheid van het kadaver gedurende de belangrijkste ontbindingsperiode, die afhankelijk is van de grootte van het kadaver. Het maken van zoneringskaarten die afgelegen of drukke stranden identificeren kan daarbij de besluitvorming vergemakkelijken volgens deze auteurs. Als alternatief stellen ze voor om kadavers in kleinere delen te hakken om hun consumptie door aaseters of door ontbinding te versnellen. Quaggiotto et al. (2022) doen ook de aanbeveling om de historische en huidige waarden van strandingen, en van walviskadavers in het algemeen, op te nemen in educatieve initiatieven. Ze moedigen burgerwetenschap en onderwijs aan om verbeterde lokale ecologische kennis te bevorderen en de ecosysteemdiensten geleverd door walviskadavers hoger te waarderen. Tot slot wijzen de auteurs erop dat een betere evaluatie van de ecologische impact van de verschillende beheerstechnieken van strandingen, en het vergelijken van hun kosten en baten, essentieel is. Alleen door een diepere wetenschappelijke kennis van de socio-ecologische context die

kenmerkend is voor de karkassen van gestrande walvisachtigen zullen we in staat zijn om het meest efficiënte beheer af te bakenen in steeds drukker bevolkte (door zowel mensen als walvisachtigen) kustgebieden (Quaggiotto et al. 2022).

Verkenningen

Het Programma naar een Rijke Waddenzee (PRW) verkenden een pilot om een walviskadaver te laten liggen op een litorale of sublitorale locatie (Firet, 2020; Firet et al. 2021). Om te bepalen of en waar een walviskadaver een plaats kan krijgen in de natuur om een natuurlijke afbraak mogelijk te maken scoorden zij 28 litorale en sublitorale locaties op de volgende kenmerken: Lokale dynamiek, Kans op stranding, Educatiepotentieel, Kans op stankoverlast en Beheersing openbare orde & veiligheid. Hieruit kwamen de volgende potentieel geschikte locaties naar voren om een walviskadaver op het droge te laten liggen: Steenplaat/Hengst, Rif, Eilanderbalg (oostelijke punt Schiermonnikoog) en Rottumerplaat-zuidoostzijde.

In aanvulling hierop doen wij de volgende aanbevelingen.

1. Voer T0-studies uit naar de biodiversiteit op de door PRW geïdentificeerde meest geschikte locaties voor walviskadavers. Veel is al bekend over vogels en vegetatie uit bestaande literatuur en databases. Breng de lokale insectenfauna in kaart met potvallen; vergelijk bv. kale platen met duingebieden.

2. Stel vast of en voor welke redenen het bij een volgende gelegenheid zinnig zou zijn om het kadaver te openen, bij het neerleggen. Redenen kunnen zijn om de doodsoorzaak vast te stellen, om de maaginhoud te onderzoeken, om ontploffingsgevaar af te wenden, om de afbraak te versnellen en daarmee geuroverlast te verkorten, of om de ingewanden bereikbaar te maken voor aaseters.

Vergunningen en protocollen

3. Breng in kaart welke vergunningen plaatselijk nodig zijn en/of welke wijzigingen aan wet- en regelgeving nodig zijn om walviskadavers te laten liggen. Neem het laten liggen van een walviskadaver expliciet op in een herziene 'Leidraad stranding levende grote walvisachtigen' en herzie de 'Samenwerkingsregeling Bestrijding Kustverontreiniging RWS-diensten'. Maak hierin soortspecifieke protocollen, bijvoorbeeld gericht op het verwijderen van tanden bij tandwalvissen of omtrent de potentiële aanwezigheid van ambergris bij potvissen. Betrek ook aspecten van voedselveiligheid van vis, schelp- of schaaldieren (zie ook Firet et al. 2021).

4. Stel een "cadmiumprotocol" op voor de mogelijkheid tot het laten liggen van een grotere en oudere walvis. Neem hierin bv. op dat weefselmonsters van de organen worden onderzocht op cadmiumgehalte. Maak rekenmodellen klaar voor de verwachte cadmiumbelasting als functie van gewicht van de walvis en stel drempelwaarden vast afhankelijk van verschillende typen bodems.

5. Overleg met beheerders wat er nodig is voor toezicht en handhaving bij kadavers indien het een openbare locatie betreft en leg dit vast.

6. Stel een kadaverprotocol vast, met onder meer richtlijnen hoe adaptief of mitigerend gehandeld wordt bij geuroverlast of andere risico's.

Monitoring

7. Stel een meetplan voor toekomstig te volgen walviskadavers vast. Hou in het meetplan rekening met need-to-know en nice-to-know onderzoeksvragen. Stel een meetplan op voor generieke onderzoeksvragen die overal gelden en voor locatie-specifieke vragen.

8. Zet de monitoring van het huidige kadaver op Rottumerplaat voort in een minder hoge frequentie, bijvoorbeeld ieder kwartaal. Maak compositiefoto's met fotogrammetrie om de afbraak vast te leggen. Maak minstens eenmaal per jaar een vegetatie-opname in de zomer, inclusief bodembemonstering, omdat de effecten van verrijking met nutriënten zich langzaam manifesteren. Zet de monitoring van kevers met potvallen in de lente en zomer meerjarig voort omdat mogelijk nieuwe keversoorten (huid- en botvreters) zelfs na lange tijd nog kunnen verschijnen.

4 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

Camphuysen, K. & Peet, G. (2006). Walvissen en dolfijnen in de Noordzee. Fontaine Uitgevers BV, 's Graveland / Stichting De Noordzee, Utrecht, 159 pp.

Castrillon, J., & Bengtson Nash, S. (2020). Evaluating cetacean body condition; a review of traditional approaches and new developments. Ecology and Evolution, 10(12), 6144-6162.

Dent, B.B., Forbes, S.L., & Stuart, B.H. (2004). Review of human decomposition processes in soil. Environmental geology, 45(4), 576-585.

De Vries, W., Römkens, P.F.A.M., Bonten, L.T.C., Rietra, R.P.J.J., Ma, W.C. & Faber, J.H. (2008). De invloed van bodemeigenschappen op kritische concentraties voor zware metalen en organische microverontreinigingen in de bodem. Wageningen, Alterra, Alterra-Report 817, 184 blz.: 12 fig.; 54 tab.; 116 refs.

Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F.J., Zhang, W. & Lorenzo, J.M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. Antioxidants, 8(10), 429.

Firet, M. (2020). Pilot Walviskadaver voor natuur en bewustwording; uitwerking voorstel pilot laten liggen walviskadaver. Programma naar een Rijke Waddenzee.

Firet, M, van Beek, I, Hoogerduijn, G. & Michels, M. (2021). Pilot Walviskadaver voor natuur en bewustwording; uitwerking ten behoeve van besluitvorming pilot. Programma naar een Rijke Waddenzee, LNV, NP Schiermonnikoog/IVN.

Forsman, D. (1999). The raptors of Europe and the Middle East: a handbook of field identification. London, T & AD Poyser.

IJsseldijk, L.L., Brownlow, A.C. & Mazzariol, S. (2019). European best practice on cetacean postmortem investigation and tissue sampling. Joint ACCOBAMS and ASCOBANS document: 10.31219/osf.io/zh4ra.

Gambell, R. (1993). International management of whales and whaling: an historical review of the regulation of commercial and aboriginal subsistence whaling. Arctic, 97-107.

Geraci, J.R. & Lounsbury, V.J. (1993). Marine mammals ashore: a field guide for strandings. Texas A&M University Sea Grant College Program, Publication TAMU-SG-93-601.

Heiss, J.W. (2020). Whale burial and organic matter impacts on biogeochemical cycling in beach aquifers and leachate fluxes to the nearshore zone. Journal of Contaminant Hydrology, 233, 103656.

Huijbers, C.M., Schlacher, T.A., Schoeman, D.S., Weston, M.A. & Connolly, R.M. (2013). Urbanisation alters processing of marine carrion on sandy beaches. Landscape and Urban Planning, 119, 1-8.

Knapp, A. ., Blair, J.M., Briggs, J.M., Collins, S.L., Hartnett, D.C., Johnson, L.C. & Towne, E.G. (1999). The keystone role of bison in North American tallgrass prairie: Bison increase habitat heterogeneity and alter a broad array of plant, community, and ecosystem processes. BioScience, 49(1), 39-50.

Laidre, K.L., Stirling, I., Estes, J.A., Kochnev, A., Roberts, J. (2018). Historical and potential future importance of large whales as food for polar bears. Front. Ecol. Environ. 16, 515–524. https://doi.org/10.1002/fee.1963

Leopold, M.F., Rotshuizen, E. & Evans, P.G.H. (2018). From nought to 100 in no time: how humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) came into the southern North Sea. Lutra 61: 165-188.

Lockyer, C. (1976). Body weights of some species of large whales. J. Cons. int. Explor. Mer. 36(3): 259-273.

MinLNV (2020). Leidraad stranding levende grote walvisachtigen. ’s Gravenhage, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), DG Natuur, Visserij en Landelijk Gebied, maart 2020, versie 6, 33 pp.

MinVenW (2007). Samenwerkingsregeling Bestrijding Kustverontreiniging RWS-diensten. Rijswijk, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Noordzee, mei 2007, 43 pp.

Moore, M.J., Mitchell, G.H., Rowles, T.K. & Early, G. (2020). Dead cetacean? Beach, bloat, float, sink. Frontiers in Marine Science, 7, 333.

Nielsen, N.H., Víkingsson, G.A., Hansen, S.H., Ditlevsen, S. & Heide-Jørgensen, M.P. (2018). Two techniques of age estimation in cetaceans: GLGs in teeth and earplugs, and measuring the AAR rate in eye lens nucleus. NAMMCO Scientific Publications, 10.

Quaggiotto, M.M., Sánchez-Zapata, J.A., Bailey, DM., Payo-Payo, A., Navarro, J., Brownlow, A... & Moleón, M. (2022). Past, present and future of the ecosystem services provided by cetacean carcasses. Ecosystem Services, 54, 101406.

Reisdorf, A.G., Bux, R., Wyler, D., Benecke, M., Klug, C., Maisch, M.W. ... & Wetzel, A. (2012). Float, explode or sink: postmortem fate of lung-breathing marine vertebrates. Palaeobiodiversity and palaeoenvironments, 92(1), 67-81.

Schlacher, T. A., Strydom, S., & Connolly, R. M. (2013). Multiple scavengers respond rapidly to pulsed carrion resources at the land–ocean interface. Acta Oecologica, 48, 7-12.

Sousa, A., & Brito, C. (2012). Historical strandings of cetaceans on the Portuguese coast: anecdotes, people and naturalists. Marine Biodiversity Records, 5.

Tucker, J.P., Santos, I.R., Crocetti, S, & Butcher, P. (2018). Whale carcass strandings on beaches: Management challenges, research needs, and examples from Australia. Ocean & Coastal Management, 163, 323-338.

Tucker, J.P., Santos, I.R., Davis, K.L., & Butcher, P.A. (2019). Whale carcass leachate plumes in beach groundwater: A potential shark attractant to the surf? Marine pollution bulletin, 140, 219-226.

Zamora, R. & Hidalgo, F.J. (2005). Coordinate contribution of lipid oxidation and Maillard reaction to the nonenzymatic food browning. Critical reviews in food science and nutrition, 45(1), 49-59.

Zekhuis, M. & De Vries, N. (2012). Fauna van Rottum. Profiel Uitgeverij Bedum.

Verantwoording

Rapport C103/21a
Projectnummer: 4312100126

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord:	M.J. van den Heuvel-Greve Onderzoeker
Handtekening:	
Datum:	15 december 2021

Akkoord:	Jakob Asjes Manager integratie
Handtekening:	
Datum:	15 december 2021

Bijlage 1 Dwergvinvis op Juist

Gebleken is dat het kadaver op Rottumerplaat niet het eerste dwergvinviskadaver is dat in de duinen van een Waddeneiland tot ontbinding kan gaan en gevolgd is. Op de oostpunt van het Duitse Waddeneiland Juist spoelde een dode dwergvinvis aan op 24 september 2012. Met zwaar materieel was de plaats waar de walvis ligt moeilijk te bereiken. Er was geen gevaar van ontploffing van het dode dier omdat er vele wonden waren waardoor eventueel gas kon ontsnappen. Medewerkers van het Nationalpark-Haus Juist besloten om het kadaver te laten liggen en het natuurlijke ontbindingsproces maandelijks te documenteren door het nemen van een foto. Een overzicht van foto's van september 2012 tot en met maart 2020 is door hen gepubliceerd op:
https://www.nationalparkhaus-wattenmeer.de/nationalpark-haus-juist/bildergalerien/neues-vom-gestrandeten-wal-stand-maerz-2020.

De foto's zijn ook weergegeven in deze bijlage. In de fotoreeks is te zien dat het kadaver een maand na de vondst verkleurde tot lichtbruin en drie maanden na de vondst tot donkerbruin. In deze drie maanden zakte het kadaver in. De huid van het kadaver bleef grotendeels intact tot tien maanden na de vondst. Vanaf twaalf maanden na de vondst vallen er grote gaten in de huid. Na vijftien maanden is het kadaver uit elkaar gevallen. Aan de omgeving van het kadaver te zien hangt dit samen met strand- en duinafslag als gevolg van een storm. Hierbij komen ook botdelen bloot te liggen. Twee jaar na de vondst ligt de schedel bloot maar is nog niet al het weefsel van het lijf ontbonden. Drie jaar na de vondst is er op basis van de foto's nog veel niet-ontbonden huid overgebleven. Vier jaar na de vondst zijn er botten te zien op de foto's, maar die zijn nog niet schoon van weefselresten. Dit is zelfs vijf jaar na de vondst het geval. Zes jaar na de vondst zijn de botten schoon.

Foto's genomen door medewerkers van het Nationalpark-Haus Juist van het kadaver van een volwassen dwergvinvis die aanspoelde op de oostpunt van Juist.
Bron: https://www.nationalparkhaus-wattenmeer.de/nationalpark-haus-juist/bildergalerien/neues-vom-gestrandeten-wal-stand-maerz-2020

24-09-2012

15-10-2012

29-11-2012

12-12-2012

20-12-2012

02-01-2013

18-01-2013

16-02-2013

28-02-2013

28-03-2013

24-04-2013

04-05-2013

09-05-2013

24-05-2013

07-06-2013

17-06-2013

15-07-2013

02-08-2013

13-09-2013

25-10-2013

09-12-2013

14-01-2014

10-02-2014

15-03-2014

08-04-2014

27-06-2014

06-09-2014

25-11-2014

19-12-2014

21-01-2015

20-02-2015

11-03-2015

30-04-2015

27-05-2015

15-07-2015

11-08-2015

01-12-2015

15-12-2015

15-01-2016

13-02-2016

11-03-2016

14-04-2016

18-05-2016

14-06-2016

23-08-2016

03-09-2016

03-10-2016

22-11-2016

15-12-2016

10-01-2017

18-09-2017

17-11-2017

10-01-2018

13-02-2018

15-03-2018

30-09-2018

04-12-2018

26-02-2019

06-03-2019

21-09-2019

25-03-2020

Bijlage 2 Time-lapse foto’s per dag

PRIMOS
46F8C 12-06-2020 SUN 12:25:06 PM
PROOF

PRIMOS
42F6C 12-07-2020 MON 12:25:07 PM
PROOF

PRIMOS
44F7C 12-08-2020 TUE 12:25:08 PM
PROOF

PRIMOS
41F5C 12-09-2020 WED 12:25:07 PM
PROOF

PRIMOS
37F3C 12-10-2020 THU 12:25:08 PM
PROOF

PRIMOS
39F4C 12-11-2020 FRI 12:25:08 PM
PROOF

PRIMOS
41F5C 12-12-2020 SAT 12:25:09 PM
PROOF

PRIMOS
42F6C 12-13-2020 SUN 12:25:09 PM
PROOF

PRIMOS
48F9C 12-14-2020 MON 12:25:10 PM
PROOF

PRIMOS
46F8C 12-15-2020 TUE 12:25:10 PM
PROOF

000000000002
062F 11C
16/12/2020 11:59:34

000000000002
063F 11C
17/12/2020 11:59:35

000000000002
047F 08C
18/12/2020 11:59:36

000000000002
056F 13C
19/12/2020 13:59:36

000000000002
050F 10C
20/12/2020 11:59:37

000000000002
044F 06C
21/12/2020 11:59:37

000000000002
053F 11C
22/12/2020 11:59:38

000000000002
045F 07C
23/12/2020 14:59:39

000000000002
048F 08C
24/12/2020 12:59:41

000000000002
054F 12C
25/12/2020 13:59:40

000000000002
043F 06C
26/12/2020 11:59:43

000000000002
042F 05C
27/12/2020 11:59:43

000000000002
043F 06C
28/12/2020 11:59:44

000000000002
035F 01C
29/12/2020 11:59:45

000000000002
047F 08C
30/12/2020 13:59:45

000000000002
044F 06C
31/12/2020 11:59:48

000000000002
043F 06C
01/01/2021 12:59:49

000000000002
056F 13C
02/01/2021 12:59:49

000000000002
039F 03C
03/01/2021 11:59:50

000000000002
035F 01C
04/01/2021 11:59:50

000000000002
036 F 02C
05/01/2021 11:59:52

000000000002
036 F 02C
06/01/2021 12:59:53

000000000002
040 F 04C
07/01/2021 11:59:54

000000000002
041 F 05C
08/01/2021 11:59:55

000000000002
054 F 12C
09/01/2021 12:59:55

000000000002
034 F 01C
10/01/2021 10:59:57

000000000002
043 F 06C
11/01/2021 13:59:58

000000000002
045 F 07C
12/01/2021 11:59:59

000000000002
045 F 07C
13/01/2021 12:00:00

000000000002
049 F 09C
14/01/2021 12:48:13

000000000002
033F 00C
15/01/2021 11:48:14

000000000002
033F 00C
16/01/2021 12:48:14

000000000002
030F -01C
17/01/2021 11:48:16

000000000002
037F 02C
18/01/2021 09:48:17

000000000002
046F 07C
19/01/2021 15:48:17

000000000002
051F 10C
20/01/2021 11:48:18

000000000002
046F 07C
21/01/2021 11:48:20

000000000002
047F 08C
22/01/2021 11:48:20

000000000002
041F 05C
23/01/2021 11:48:21

000000000002
037F 02C
24/01/2021 11:48:21

000000000002
032 F 00C
04/02/2021 11:38:49

000000000002
033 F 00C
05/02/2021 12:36:50

000000000002
030 F -01C
06/02/2021 11:36:50

000000000002
026 F -06C
07/02/2021 11:36:55

000000000002
024 F -04C
08/02/2021 11:36:53

000000000002
027 F -02C
09/02/2021 12:36:55

000000000002
029 F -01C
10/02/2021 12:36:57

000000000002
034 F 01C
11/02/2021 11:36:55

000000000002
031 F -00C
12/02/2021 11:39:01

000000000002
040 F 04C
13/02/2021 12:39:01

X

000000000002
043 F 06C
07/03/2021 10:15:40

000000000002
046 F 07C
08/03/2021 10:15:41

000000000002
037 F 09C
09/03/2021 10:15:43

000000000002
040 F 04C
10/03/2021 10:15:44

000000000002
052 F 11C
11/03/2021 11:15:45

000000000002
047 F 08C
12/03/2021 09:15:44

000000000002
047 F 08C
13/03/2021 10:15:45

000000000002
049 F 09C
14/03/2021 10:15:46

000000000002
052 F 11C
15/03/2021 10:15:47

000000000002
056 F 13C
16/03/2021 10:15:49

000000000002
056F 13C
17/03/2021 10:15:50

000000000002
054F 12C
18/03/2021 10:15:51

000000000002
059F 15C
19/03/2021 10:15:52

000000000002
045F 07C
20/03/2021 10:15:53

000000000002
051F 10C
21/03/2021 10:15:53

000000000002
056F 12C
22/03/2021 10:15:54

000000000002
049F 09C
23/03/2021 10:15:54

000000000002
056F 13C
24/03/2021 10:15:55

000000000002
059F 15C
25/03/2021 10:15:56

000000000002
053F 11C
26/03/2021 09:15:57

000000000002
060 F 10C
27/03/2021 10:15:58

000000000002
056 F 13C
28/03/2021 10:16:59

000000000002
058 F 14C
29/03/2021 10:16:59

000000000002
077 F 22C
30/03/2021 14:16:36

000000000002
071 F 21C
31/03/2021 11:16:36

000000000002
061 F 16C
01/04/2021 11:16:37

000000000002
048 F 08C
02/04/2021 11:16:37

000000000002
057 F 13C
03/04/2021 11:16:38

000000000002
047 F 08C
04/04/2021 11:16:38

000000000002
040 F 04C
05/04/2021 11:16:40

000000000002
042F 05C 06/04/2021 11:15:41

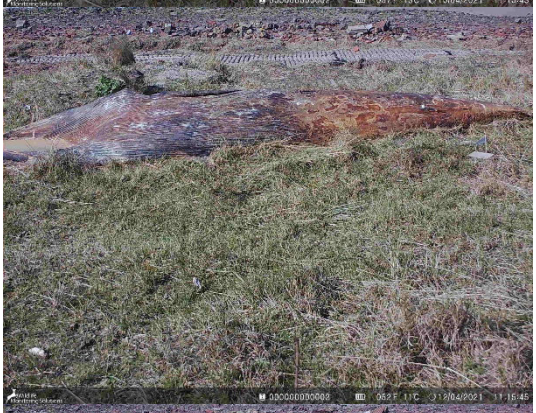
000000000002
047F 08C 07/04/2021 11:15:41

000000000002
044F 06C 08/04/2021 11:15:43

000000000002
048F 08C 09/04/2021 11:15:43

000000000002
067F 13C 10/04/2021 11:15:43

000000000002
041F 05C 11/04/2021 11:15:45


000000000002
062F 11C 12/04/2021 11:15:45

000000000002
052F 11C 13/04/2021 11:15:47

000000000002
061F 16C 14/04/2021 11:15:47

000000000002
066F 18C 15/04/2021 11:11:7

000000000002
067F 13C
07/05/2021 10:40:18

000000000002
067F 13C
08/05/2021 10:20:57

000000000002
069F 20C
09/05/2021 10:20:58

000000000002
067F 19C
10/05/2021 10:20:58

000000000002
060F 15C
11/05/2021 10:20:59

000000000002
066F 18C
12/05/2021 10:20:59

000000000002
064F 17C
13/05/2021 10:20:59

000000000002
066F 13C
14/05/2021 10:21:00

000000000002
067F 13C
15/05/2021 10:21:01

000000000002
061F 16C
16/05/2021 10:21:01

000000000002
057°F 13C
17/05/2021 10:21:01

000000000002
066°F 18C
18/05/2021 10:21:02

000000000002
071°F 21C
19/05/2021 10:21:03

000000000002
069°F 20C
20/05/2021 10:21:03

000000000002
057°F 13C
21/05/2021 10:21:04

000000000002
057°F 13C
22/05/2021 10:21:04

000000000002
066°F 18C
23/05/2021 09:53:34

000000000002
060°F 15C
24/05/2021 10:13:45

000000000002
063°F 17C
25/05/2021 09:21:04

000000000002
059°F 15C
26/05/2021 09:21:06

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 70 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:
- Ankerpark 27, 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.

Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'