

BIJLAGE A Ecologische rol van een kadaver in de Waddenzee,

In deze bijlage wordt de ecologische rol van een kadaver in de Waddenzee nader uitgewerkt.

Het laten liggen van kadavers in een ecosysteem beïnvloedt twee belangrijke ecologische processen:

- a. **Het directe effect op de dierpopulatie (voedingspuls):** de aanwezigheid van een kadaver als voedselbron voor opportunistische (soorten die normaal andere voedselbronnen gebruiken b.v. meeuwen, haaien, grondels) en gespecialiseerde aaseters (soorten die grotendeels dood plantaardig of dierlijk materiaal eten, garnalen, krabben) beïnvloedt de fitheid van het individu en de populatie en biedt een mogelijkheid tot voortplanting voor anderen (b.v. insecten & wormen).
- b. **Indirect effect door nutriënten puls:** door de afbraak van een kadaver komen er veel nutriënten vrij in een korte tijd, een zogenoemde nutriëntenpuls. Afhankelijk van het karakter van de omgeving kunnen bepaalde toevoegingen van voedingsstoffen of mineralen aanvullende effecten hebben op bepaalde soorten. Nutriënten zoals fosfaat en stikstof (afkomstig van afbraak van eiwitten) kunnen resulteren in een opbloei van micro en macro algen. Nutriënten zoals kalk (uit botten) kunnen het substraat van de omgeving zodanig veranderen dat (lokaal) nieuwe soorten zich kunnen vestigen (soorten die anders elders leven)^{1,2}.

In de mariene omgeving

In de mariene omgeving kan het effect van een kadaver verschillen, afhankelijk van waar het kadaver zich bevindt. Er zijn er ruim gezegd 2 zones waar een kadaver zich kan bevinden; het droogvallende deel (litoraal), en het onderwater (sublitoraal). In de Waddenzee zijn beide gebieden onderhevig aan aanzienlijke golf- en stromingsdynamiek die het sediment in beweging houdt (sediment dynamiek). Een kadaver in deze omgeving wordt blootgesteld aan twee belangrijke fysische processen wat een belangrijk effect kan hebben op hoe afbraak van een kadaver verloopt.

1. Sedimentatie en begraving: het bewegende sediment (gestuurd door wind en water) kan resulteren in gedeeltelijke en volledige begraving van een kadaver (afhankelijk van grootte). Bij begraving wordt toegang tot een kadaver beperkt tot soorten die zich door het zand en evt. water kunnen dringen. De anaerobe (zuurstofloze) omgeving van de bodem in de Waddenzee³ kan het ontbindingsproces nog verder vertragen zeker in het onderwater gebied.
2. Schuur effect: het bewegende zand in de dynamische wadden kan belemmerend zijn voor het vestigen van sommige soorten⁴, zeker kwetsbare pluimvormende soorten die zijn geobserveerd in studies op kadavers in dieper wateren. Er is weinig tot niets bekend welk effect dit op een kadaver in de Waddenzee zou hebben en welke soorten wel en/of niet hiermee overweg kunnen.

Ontledingsproces

Over het algemeen vindt ontleding plaats in 3 stadia (die elkaar overlappen)^{2,5}

1. **Mobiele aaseter-stadium:** over het algemeen bestaat dit stadium uit vissen en schaaldieren, meestal binnen vier maanden na afzetting van het kadaver.
 - a. Opportunistische roofdieren & aaseters (krabben, garnalen, vogels, zoogdieren, vissen enz.).

- b. Dit is ook het stadium waar de afbraak van eiwitten, stankoverlast het grootst kan zijn. Afhankelijk van temperatuur en aaseterdichtheid kan dit weken tot enkele maanden duren. Koud weer vertraagt bacteriële afbraak die de stank veroorzaakt, het kadaver breekt langzamer af maar produceert ook minder stank.
- 2. **Verrijkings-opportunistische stadium:** bestaande uit soorten die zich vestigen op en rond het kadaver en daarop hun levenscyclus baseren. Polychaete wormen en schaaldieren zoals amphipoden, kan bij een groot kadaver tot twee jaar duren.
- 3. **Zwavel stadium (sulphophilic):** gedomineerd door microbiële matten en diverse ongewervelde soorten, kan jaren en zelfs decennia duren.
 - a. Microbiële organismen op de zeebodem groeien op aminozuur en organisch materiaal dat in het sediment rond het kadaver is ontstaan door de afbraak van zacht weefsel (eiwitten en vetten).

Ecologische betekenis

Een groot kadaver (groter dan 4 meter lang) als geconcentreerde voedingsbron creëert lokaal een situatie waar aasetende soorten (opportunistische en specialisten) zich in grote aantallen verzamelen. Door de overvloed aan voedsel wordt onderlinge conflict ook (tijdelijk) uitgesteld omdat er geen reden is tot vechten.

Er kunnen verschillende processen tot stand komen (bij plant, dier en insect). Elk van deze processen heeft consequenties voor het functioneren van het ecosysteem. Sommige hebben een langere doorwerking, andere hebben geen groot of langdurig effect. Welk proces relevant is voor een ondiepe mariene omgeving, daarover is onvoldoende kennis beschikbaar (er is momenteel geen specifiek onderzoek dat het effect van een kadaver in het intergetijde gebied in kaart brengt). Op basis van kennis over kadavers in diepwater en op land wordt hieronder een opsomming gegeven van deze processen:

- a. Bestaande individuen uit de omgeving schakelen over van hun gewone prooi naar het kadaver zonder dat de prooi soort verder voordeel of extra kansen ervaart. Op bredere schaal is er geen tot weinig effect.
- b. Bestaande predatoren uit de omgeving schakelen over van hun gewone prooi naar het kadaver, de prooi soort ervaart een vrijwaring van predatie en groeit in populatie. Dit heeft verdere doorwerkingen op het systeem.
- c. Een prooi soort ervaart voordeel van een kadaver en groeit sneller (in aantallen) dan de predatoren in het systeem het kunnen inperken. Deze situatie wordt vervolgd door massale sterfte wanneer het kadaver-voedsel op is
- d. Het kadaver trekt individuen uit de wijdere omgeving aan (uit hun gewoonlijke foerageergebied) en vergroot de populatie van een soort(en) lokaal. Na de voeding puls verspreiden de individuen zich weer.

Welke van de vier processen tot stand komt is moeilijk te zeggen. Het is deels afhankelijk van welke soorten in de omgeving zijn (en erbij kunnen) en de periode waarin het kadaver aanwezig is (lente en broedseizoen met grotere kans op **b & c**).

Locaties waar geur zich makkelijk verspreid zal kans op scenario **d** vergroten.

Effecten in Droogvallende (litoraal) gebieden

Aaseter stadium: op het droogvallende deel zullen de aaseters vooral bestaan uit vogels zoals meeuwen, raven, kraaien en soorten uit een veel verder omgeving, zoals stormvogels. Van

roofvogels (b.v. buizerds en kiekendieven) is bekend dat ze aaseten niet schuwen en een kans graag benutten. Bij hoog water zullen deze aaseters aangevuld worden door vissen (inclusief roofvissen) en krabben. Voor deze dieren symboliseert een groot kadaver een tijdelijk feestmaal dat, vooral in de winter, een aanzienlijke bron van makkelijke voedsel kan zijn. Dit kan lokaal ook een effect hebben op overlevingskansen en doorwerken naar broedsucces (afhankelijk van seizoenen).

In de lente-zomer perioden zullen insecten een belangrijke rol spelen. Vliegen, kadaver kevers enz. zullen snel bij een kadaver zijn waar ze een deel van hun leven cyclus op het kadaver zullen uitleven. Nutriëntzoekers zoals vlinders zullen zich ook op een kadaver begeven. In de Waddenzee zal het effect op insecten zich waarschijnlijk beperken tot vliegende soorten en hun succes wordt bepaald door wind en zoutwater. Een insectenpopulatie zou wel een aanvullend effect kunnen hebben op insectenetende vogels. Expert opinie suggereert dat soorten zoals zwaluwen en mogelijk enkele zangvogels profijt zouden kunnen hebben hiervan. Dit effect is hoogstwaarschijnlijk beperkt.

Verrijkingsstadium: Langzamere aaseters koloniseren het kadaver in dit stadium. In het droogvallende gebied zullen de opportunistische soorten zich vooral langs de waterlijn bevinden en in het sediment. Delen die blootgesteld worden aan de lucht zullen vlot door de bovengenoemde soorten worden afgebroken (1- 4 maanden naar verwachting) of door weer en wind afbrokkelen of uitdrogen.

Vooraf wormpopulaties in het sediment zullen effecten ervaren van een kadaver. Er zal verandering zijn in de soorten die aanwezig zijn, en een verhoging in biomassa in het sediment rondom het kadaver (enkele meters). Dit betreft het zogenoemde "halo-effect". Onder het kadaver zal het omgekeerde zich voordoen; een afname van biomassa en diversiteit als gevolg van de opbouw van organisch materiaal en anaerobe omstandigheden. Mobiele aquatische aaseters zullen zich ook in de diepere delen concentreren, zeesterren, krabben, garnalen en vooral amphipoden (kleine schaaldieren) waarbij sommige met het getij mee zullen bewegen.

Zwavel stadium: in dit stadium zal het ,op en rondom het kadaver, vooral draaien om microbiële processen in en op het sediment. Het gaat in dit geval vooral om re-mineralisatie van voedingsstoffen (vrijmaken van fosfaat, kalk, stikstof). Voedingsstoffen die uit het kadaver en het skelet "lekker" zullen een basis vormen voor microbiële matten (bacteriën, schimmels, virussen, algen). Deze microbiële matten zullen, door hun activiteit de chemie van het sediment veranderen. Het vrijkomen van organisch materiaal zal het sediment zuurstofarmer maken waardoor zwavel reducerende bacteriën het sediment onbewoonbaar zullen maken voor veel bodemdieren (zwarte zwaveloxide laag wat normaal enkele cm dieper zit), een gebied waar onder het oppervlak wonende soorten (endofauna) zoals nonnetjes, slijkgapers, kokkels, wadpieren enz.) worden uitgesloten. De verandering in chemische omstandigheden kan maanden doorwerken. In het droogvallende gebied zal dit effect wel worden verkort door werking van golven, stroming en zandverstuiving dat de nutriënt rijke sediment snel kan verspreiden en duurstof in het sediment kan inbrengen.

Effecten in Sublitoraal (onderwater) gebieden

Het effect van een kadaver op het sublitoraal ecosysteem (kadaver (deel) onder water) is grotendeels beperkt tot het mariene systeem en zal meer een lokaal karakter hebben. Het kadaver is dan ook afgesloten van gebruik door insecten en vogels (wanneer dieper dan ong. -2 m. NAP). Het gehele kadaver is dan wel toegankelijk voor vissen, schaaldieren, wormen en slakken. Er bestaat wel een mogelijkheid dat hoge concentraties aasetende soorten (b.v. vis) en de soorten die daarop afkomen (b.v. predatoren vissen) wel een indirect effect kunnen hebben op visetende vogels zoals meeuwen

en sterna. Het feit dat het kadaver ook voor uitdroging wordt behoed betekent dat het afbraakproces ook vollediger kan verlopen.

Afhankelijk van de sediment dynamiek kan een kadaver binnen enkele weken deels of grotendeels begraven worden. Wanneer dit gebeurd is het kadaver onderhevig aan afbraak door bacteriële processen en mogelijk wormen. Het zal dan grotendeels overgaan op het zwavelstadium (zie hieronder).

Aaseter-stadium: Vooral krabben, garnalen, vissen (b.v. zeeprikken, haaiachtige) zullen het kadaver domineren. De afbraak en "ineenstorting" van het kadaver zal mogelijk trager zijn door de afwezigheid van insecten⁶. Sommige van de mobiele aaseters zullen door de aanwezigheid van een kadaver (mits in de lente) een voordeel ondervinden van de voedselpuls. Grotere soorten zullen weinig effect op populatieniveau ervaren. Een kadaver wordt dan wel een magneet voor grotere soorten uit de omgeving. Waar deze vandaan komen zal afhankelijk zijn van stromingen en hoe de "geur" als lokkertje verspreid wordt.

Verrijkingstadium: Het hele kadaver wordt waarschijnlijk gekoloniseerd door verschillende soorten wormen, met name op de botten. Rond het kadaver zullen er ook verschuivingen zijn in de populaties en populatie samenstellingen van wormen. Mogelijk zullen er ook nieuwe soorten komen die zich anders niet in het systeem voordoen (mogelijk zelfs diepwater soorten). Verder zullen er grotere aggregaties zijn van zeesterren, zee-egels (zeemuis enz.) en slakken. Deze aggregaties zullen ook predatorsoorten aantrekken die zich voeden met de aggregaties van bodemaaseters (grotere vissen, opportunistische zeehonden). Het zachte weefsel zal zeer dichte populaties van amphipoden aantrekken wat op hun beurt soorten zoals snotolven en andere hard substraat soorten aantrekken. Het blootgelegde vetrijke skelet zelf zal als habitat en voedselbron kunnen dienen voor Osedax (boteters) worden. Dit zijn soorten dat anders nergens anders bestaan in een systeem als de Waddenzee.

Zwavel stadium: Het sediment en het omringende water rondom het kadaver wordt verrijkt met voedingsstoffen (mineralen, organische stof) uit het kadaver. Sedimentchemie zal een extreme verandering ondergaan. Dit zal een microbiële mat ondersteunen wat over langere perioden (maanden jaren) kan blijven bestaan. Deze microbiële mat zal op zijn beurt een populatie van slakken, zeesterren, wormen en schelpdieren kunnen ondersteunen. Het effect op microbiële groei zal in het onderwater omgeving uitgebreider en langduriger zijn dan in het droogvallende gebied.

Uitstraal effecten

Sediment dynamiek: De fysieke aanwezigheid van een groot kadaver zowel op het litoraal en sublitoraal kan een belangrijk effect hebben op sediment. Er zullen, net als rondom een scheepswrak luwten en erosie punten ontstaan. In deze plekken ontstaan er ook kansen voor specifieke soorten en worden andere soorten mogelijk uitgesloten.

Uitstraal voedingstoffen: De concentratie van nutriënten en afvalstoffen die van aaseters en opportunisten vrijkomen verspreiden zich vaak in de directe omgeving van een kadaver. Dergelijke effecten zijn ook zichtbaar bij schelpdierbanken. In de luwte van een groot kadaver kunnen uitstralingen van organisch materiaal leiden tot kansen voor soorten die profijt hiervan hebben, bijvoorbeeld kokkels, kokerwormen, kiezelwiermatten ed. Het effect van een kadaver kan (afhankelijk van locatie) bredere ruimtelijke effecten hebben dan alleen in de directe omgeving.

Uitstraal interactieweb (voedselweb): zoals eerder besproken is kan de onverwachte overvloed aan voedselinteracties tussen soorten veranderen. Bezoekende en lokale soorten zullen zich in de

omgeving begeven om direct van het kadaver te profiteren. Daarnaast zullen deze soorten andere soorten aantrekken dat weer van hun profiteren (b.v. kadaver -> krabben -> roggen of Kadaver -> bacteriën -> kiezelwieren -> slijkgarnaal -> steltlopers). Op deze manier kan een kadaver, net als een schelpdierrif, een breder effect hebben op het voedselweb en andere interacties. Het verschil is vooral dat het ecosysteem rondom een kadaver over korte en middellange termijn veel veranderingen ondergaat en relatief korte termijn kan zijn (maximaal enkele jaren).

Conclusies

Algemeen:

Het grootste effect van een kadaver op het ecosysteem zal uiteindelijk tweeledig zijn. (1) De injectie van voedsel, nutriënten en mineralen in het systeem en (2) het creëren van een stabiele “structuur”.

De voedselverrijking zal leiden tot een tijdelijke verschuiving van de interacties in het voedsel web. Er is kans dat predatiedruk tijdelijk wordt verkleind, of versterkt. Welke kant dit op gaat hangt af van de samenstelling van aaseters en omringende ecosysteem. Er zullen in ieder geval grotere aantallen predatoren in een gebied zijn. Primaire productie, vooral microfytobenthos (kiezelwieren) zal over middellange termijn vergroot kunnen worden.

De vorming van microbiële matten (schimmels, bacteriën, algen, kiezelwieren enz.) en clustering van andere vaste bodemorganismen op en om het skelet (mosselen, kokerwormen, oseodax (bot etende) wormen, enz.) zullen een bio-bouwende invloed hebben op de directe omgeving.

Hoe, en hoe snel deze effecten op het systeem werken is afhankelijk van de hoeveel die wordt opgegeten door aaseters (sneller) of wordt verwerkt door een microbiële gemeenschap (langzaam). Daarnaast is het effect ook afhankelijk van begraving of verspreiding door golven, stroming of wind.

Nutriënten

Kadavers brengen grote hoeveelheden ammoniak, stikstof, fosfaat en kalium met zich mee. Op het land komen deze algemeen in de eerste 2 maanden vrij (kennis uit kadavers op het land, zal ook gelden voor kadavers op het droogvallende). Nitraat zal vooral in de latere stadia vrijkomen (na 8 maanden)⁷. Vooral het vrijkomen van ammoniak, en fosfaat (wat algemeen beperkte nutriënten zijn in zee) zullen een belangrijk effect hebben op groei van kiezelwieren en algen hebben.

Het afbraakproces veroorzaakt in de eerste instantie ook vaak een verlaging van de zuurgraad (basisch, hogere pH). Wat het effect zal zijn binnen de natuurlijke fluctuaties van de Waddenzee is lastig te zeggen. Er bestaat een mogelijkheid dat bepaalde soorten zullen worden uitgesloten van het “kadavereiland”. In een later stadium kan er verzuring plaatsvinden door de afbraak van ammoniak en het vrijkomen van nitraat, wat een nieuwe situatie kan creëren. In de diepzee is het vrijkomen van kalk uit het skelet veroorzaakt door bacteriële afbraak van botten een belangrijke reden dat er hele specifiek gemeenschappen ontstaan welke uniek zijn.

Het effect op de sedimentsamenstelling (limnologie) kan bepaalde bodemsoorten uitsluiten of faciliteren waardoor de locatie van een kadaver lange termijneffecten kan hebben. Er kan op middellange termijn een nieuwe “unieke eiland” ontstaan waar de soortensamenstelling ongewoon en mogelijk zelfs nieuw is. De duur is zeker in de Waddenzee erg afhankelijk van hydro- en sediment dynamiek.

Dynamiek

Het effect op de wijdere omgeving is vooral afhankelijk van wind, stromingen, golfbewegingen en getijdenbewegingen.

Litoraal

In het litoraal is het grootste effect van een kadaver (zeker in de aaseter- en verrijgingsstadium) wanneer deze is blootgesteld aan de openlucht of ondiep begraven is. Door golf activiteit en stuivend zand kan een kadaver in een hoog dynamisch gebied vrij snel deels of geheel begraven worden. Er bestaat ook een groot risico dat in een hoog dynamisch gebied (zeker waar golfslag substantieel is) een kadaver verplaatst kan worden (of naar het sublitoraal gesleurd of verder het droge opgestuwd).

Hoge dynamiek in een omgeving heeft ook consequenties voor hoe langdurig en groot het effect van een kadaver is op het sediment. Als door veel golfbewegingen of zandverstuiving het sediment frequent wordt omgewoeld zullen afbraakproducten verdunt en verspreid worden. Hierdoor zal het lokale effect van een kadaver enigszins worden beperkt of verkort. Het vormen van een “halo” in de verrijking stadium, met een unieke gemeenschap en samenstelling zal beperkt worden.

Sublitoraal

In het sublitoraal is de locatie van een kadaver van nog grotere relevantie dan in het litoraal. In een laag dynamisch gebied (b.v. een baai) zullen de producten van het afbraakproces belemmerd worden in hun verspreiding. Dit heeft een aantal consequenties. Ten eerste; zal er minder kans zijn op het aantrekken van aaseters uit de ruimere omgeving (Noordzeekustzone). Ten tweede; het effect van nutriënten verrijking op een ingesloten gebied zal ook groter zijn. Afhankelijk van de grootte van het kadaver, zou het kunnen leiden tot een eutrofiëringssituatie, waarbij de nutriënten die uit een kadaver lekken opbouwen tot een niveau wat onvoldoende goed verwerkt kan worden binnen de beperkingen van het gebied.

Dynamische gebieden kunnen de nutriënteninjectie van een kadaver gemakkelijk verwerken. De afvoer van nutriënten die in de waterkolom uitlekken en de aanvoer van vers water zorgen ervoor dat er voldoende verdunning en zuurstof aanvoer is. Aanvullend zal de verspreiding van “geur” door het systeem breder zijn waardoor het gebied van invloed op aaseters groot kan worden. Net als in het litoraal, zal het effect van een kadaver in de verrijking stadium beperkt worden door dynamiek wanneer deze sterk genoeg is om de bodem te verstoren.

Structuur vormende element

Een skelet, zeker van grotere karkassen kan een langdurig structuurvormend element worden in het anders bewegelijke sediment. Net zoals helmgras duinvorming kan stimuleren, kan een skelet de erosie depositiebalans lokaal veranderen.

Litoraal

De aanwezigheid van een groot skelet wat deels in het zand vast zit een effect hebben op sediment beweging (b.v. duinvorming), dit effect kan zeer langdurig zijn. Zolang het skelet bovengronds is, kan het in het lage intergetijde ook een vestiging plaats worden voor soorten wat droogvallen kunnen weerstaan (b.v. mosselen en oesters, kokerwormen).

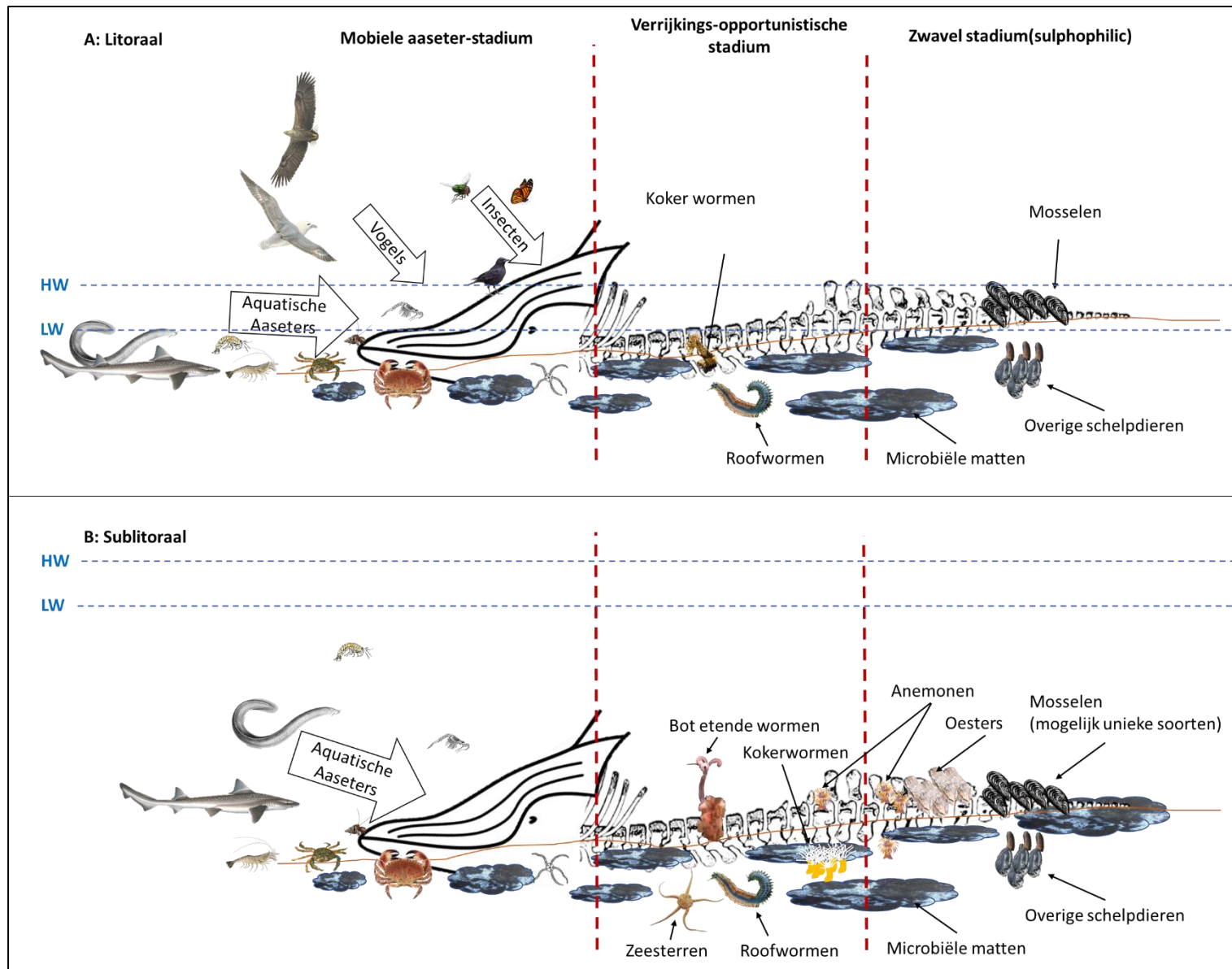
Sublitoraal

In het sublitoraal zal het hele skelet en kadaver een ondergrond kunnen vormen voor soorten zoals mosselen, oesters, pokken, zeewier, zakpijpen en mogelijk ook bot-etende (Osedax) wormen die zeldzaam zijn en anders onbekend uit het ondiepe gebied. Deze vastkoloniserende soorten zullen op hun beurt ook veel andere soorten aantrekken die gebruik maken van de beschutting en/of voedsel (vissen, slakken, zeesterren, schaaldieren enz.). Dit concept wordt nader besproken in de PRW Praatplaat maatregelen Wadden: niets doen of hard substraat ⁸. Deze rif gemeenschappen zullen complexer en diverser zijn in het sublitoraal dan in het litoraal omdat ze niet blootgesteld worden aan uitdroging en verminderde effecten van golfslag.

Het grootste resultaat van een kadaver zal (door combinatie van effecten) het sterkst zijn als deze deels op het droogvallende en deels in het sublitoraal ligt. Voor een maximaal effect zou een kadaver zo moeten worden gepositioneerd dat het dicht tegen de laagwaterlijn ligt. Op deze manier valt een deel droog bij laag water, en is dus deels toegankelijk voor vogels, insecten en processen zoals uitdroging en aerobe afbraak (in bijzijn van zuurstof).

Stand van kennis

Een van de belangrijkste conclusie is dat er voor ondiepe wateren, en droogvallende gebieden in een zilte omgeving weinig tot geen kennis is. Wetenschappelijk onderzoek op kadavers is beperkt tot de diepzee^{1,5,6,9}, en op het land (bodyfarms, bossen^{2,10}). Met dit in gedachte is de internationale educatieve en wetenschappelijke waarde van een pilot met een kadaver in de Waddenzee potentieel zeer waardevol. Het uitvoeren van een goed geplande pilot zou zeer waardevol zijn, vooral voor vergroten van de kennis betreffende aantrekkingskracht van kadavers voor soorten uit de Noordzeekustzone (haaien, roggen, stormvogels) en het vraagstuk of er in en om een kadaver een unieke kadaver gemeenschap kan ontstaan zoals dat in de diepzee gebeurt, en uit welke soorten dit bestaat.



Figuur 1: Conceptuele illustratie van ecologische rol van verschillende afbraak stadia. (A) Litoraal, (B) Sublittoraal

Bibliografie

1. Baco, A. R. & Craig R Smith. High species richness in deep-sea chemoautotrophic whale skeleton communities . *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **260**, 109–114 (2003).
2. Gu, X. *et al.* Carcass ecology—more than just beetles. *Entomol. Ber.* **74**, 68–74 (2014).
3. Vosjan, J. H. & Olańczuk-Neyman, K. M. Vertical distribution of mineralization processes in a tidal sediment. *Netherlands J. Sea Res.* **11**, 14–23 (1977).
4. Airoldi, L. The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanogr. Mar. Biol.* **41**, 161–236 (2003).
5. Smith, C. R. & Baco, A. R. Ecology of whale falls at the deep-sea floor. *Oceanogr. Mar. Biol.* **41**, 311–354 (2003).
6. Pavlyuk, O. N., Trebukhova, Y. A. & Tarasov, V. G. The impact of implanted whale carcass on nematode communities in shallow water area of Peter the Great Bay (East Sea). *Ocean Sci. J.* **44**, 181–188 (2009).
7. Tucker, J. P., Santos, I. R., Crocetti, S. & Butcher, P. Whale carcass strandings on beaches: Management challenges, research needs, and examples from Australia. *Ocean Coast. Manag.* **163**, 323–338 (2018).
8. Arcadis, P. naar een R. W. &. Praatplaat maatregelen WADDEN: niets doen of hard substraat.pdf. (2018).
9. Dahlgren, T. G. *et al.* A shallow-water whale-fall experiment in the north Atlantic. *Cah. Biol. Mar.* **47**, 385 (2006).
10. Fielding, D., Newey, S., van der Wal, R. & Irvine, R. J. Carcass Provisioning to Support Scavengers: Evaluating a Controversial Nature Conservation Practice. *Ambio* **43**, 810–819 (2014).