

DE PAALWORM IN NEDERLAND EN ZIJN BESTRIJDING

Literatuuroverzicht, samengesteld in opdracht van
Rijkswaterstaat Deltadienst, Afdeling Milieu-Onderzoek

UDC 634.0.845.1

Augustus 1975
L.M. Koster
Pudoc
Wageningen

Inhoud

	blz
1 Inleiding	1
2 Morfologie en fysiologie	1
3 Oecologie	3
3.1 Abiotische factoren	3
3.2 Biotische factoren	4
4 Bestrijding	4
4.1 Bij reeds aangetast hout	4
4.2 Preventief	5
5 Samenvatting	6
6 Literatuurlijst	7
7 Niet geraadpleegde literatuur	8

1 Inleiding

Paalwormen behoren tot de Weekdieren (Phylum Mollusca, Classe Bivalvia, Orde Eulamellibranchiata, Orderorde Adapedonta, Superfamilie Adesmoidea, Familie Teredinidae) (13). De naam worm is dus eigenlijk foutief (6,7).

Aan de Atlantische kust van Europa komen de volgende Teredinidae-soorten voor: *Teredo navalis* Linnaeus, *Psiloteredo megotara* (Hanley), *Lyrodus pedicellatus* (Quatrefages), *Nototeredo norvagica* (Spengler) *Bankia bipennata* (Turton) en *Bankia fimbriatula* Moll & Roch (9, 11). (Nomenclatuur van Turner 1966).

Teredo navalis Linnaeus 1758 (Subfamilie Teredininae) is hiervan waarschijnlijk de enige autochtone soort in het Deltagebied (*). Dit rapport beperkt zich daarom verder tot deze meest voorkomende paalworm.

Teredo navalis komt in alle gematigde streken voor. Fossiel is hij bekend uit het Krijttijdperk en zijn oorsprong is misschien het Noordzeegebied (1). Het gebruik van hout bij o.a. de scheepvaart en de kustbescherming heeft tot een wereldwijde verspreiding en tot plaatselijke massaal optreden geleid. Zo veroorzaakte *T. navalis* in 1731/32 in Nederland een ramp (6).

Uit onderzoek van 1938 tot 1970 bleek dat *T. navalis* in Noord-Nederland weinig of geen schade veroorzaakte. In Zeeland kwam deze paalworm wel regelmatig voor, en de laatste jaren zijn grote aantallen in het Veerse Meer waargenomen (8, 12).

In verband hiermee is dit literatuuroverzicht samengesteld, en onderzoekt het Delta Instituut bepaalde aspecten van de biologie van deze paalworm in het Deltagebied.

2 Morfologie en fysiologie

Voortplanting

T. navalis is protandrisch hermafrodiet, d.w.z. de geslachtsfasen kunnen elkaar afwisselen, met voorrang voor het mannelijke geslacht (1). Tussen de geslachtswisselingen in is het dier hermafrodiet, zodat dan zelfbevruchting op kan treden (11). De mortaliteit van ♀-dieren is groot, zodat de ♀-geslachtsfase vaak de eindfase is (14).

Een genetische hypothese is gebaseerd op 8 genenparen die het geslacht beïnvloeden. Bij 0,4-3,1% van de populatie zijn 7-8 genenparen dominant, en zijn de dieren ♂. Bij 10,9-21,9% zijn 5-6 dominante genenparen, deze dieren zijn eerst ♀ (hermafrodiet) en later vooral ♂.

Bij 27,3% zijn 4 dominante genenparen, deze dieren blijven ♀.

Bij 10,9-21,9% zijn 2-3 dominante genenparen, deze dieren zijn voornamelijk ♀, die later voor een deel ♂ worden.

Bij 0,4-3,1% zijn 0-1 dominante genenparen, deze dieren blijven steeds ♀ (14). De voortplantingstijd is in Nederland van juni t/m augustus (1), mogelijk zelfs tot half oktober (11).

(*) Persoonlijke mededeling van mevrouw Borghouts - Delta Instituut - Yerseke.

Het ♀-dier kan 3 à 4 maal per jaar 1-5 miljoen eieren leggen.

De eieren worden tussen de kieuwen van het moederdier gedeponneerd. Het sperma wordt in het water afgegeven en via de instroomsifon van het dier in ♀-fase opgenomen en langs de kieuwen naar de eieren gevoerd. De bevruchting vindt dus plaats binnen het dier (1, 5).

De bevruchte eieren blijven, afhankelijk van omgevingsfactoren, 1-4 weken in de kieuwholte, en komen daarna als larven in het "straight-hinge" veliger stadium vrij (1,5). *T. navalis* is dus larvipaar, en per individu zijn in de kieuwholte 20.000-50.000 van deze larven waargenomen (11, 13). Tijdens deze incubatietijd zijn de larven tamelijk ongevoelig voor ongunstige omgevingsfactoren (14). Het vrijkomen van de larven hangt vaak samen met een wijziging, vaak een verhoging, van de temperatuur. In Denemarken komen de larven vrij zo gauw de watertemperatuur boven de 15°C komt (11). De larven zijn slechte zwemmers, en worden vooral door de stroom vervoerd. Deze larven zwemmen aanhoudend. De zwemsnelheid bedraagt max. 7 mm. per seconde. Afhankelijk van de temperatuur, de zoutgraad en het voedsel (eencellig plankton) bedraagt deze vrijzwemmende periode 1-4 weken (5, 9, 11). Gedurende deze periode kunnen de dieren over grote afstanden verspreid worden, terwijl er een grote kans op predatie is (11). Hierna ontwikkelen ze zich tot pediveligerlarven. Ze kunnen dan zowel zwemmen als kruipen (11). Dit pediveliger stadium bedraagt, afhankelijk van het milieu, enkele uren tot maximaal 4 dagen. Het dier kruipt dan op hout, zet zich vast, metamorfoseert en begint te boren. De dieren zetten zich vooral vast op de plaatsen waar het hout de bodem ingaat (1).

Heeft de pediveligerlarve binnen 4 dagen geen hout gevonden, dan is zijn mogelijkheid tot boren verdwenen. De infectieve periode bedraagt dus maximaal 4 dagen (11). In 1972 is half augustus het vastzetten van grote aantallen larven op hout waargenomen. De watertemperatuur gedurende de periode van voortplanting en vastzetting was dat jaar relatief hoog (8).

De aanwezigheid van veel humus op de bodem, zoals in estuaria voorkomt, stimuleert de vastzettingsreactie van de larven. Deze dieren bereiken hierdoor geen hout en sterven (5).

Onder gunstige omstandigheden kunnen de jonge dieren binnen 3 weken, maar meestal na 6-8 weken sexueel volwassen zijn (1, 5, 6). De dieren zijn dan 4-5 cm lang. Na 1 jaar zijn de dieren volgroeid. Ze zijn dan 10-45 cm lang (1, 2, 6). De dieren kunnen 2-3 jaar oud worden (1, 6).

Boren

Na de metamorfose krijgen de dieren een aan het boren aangepaste lichaamsvorm. De voet is gereduceerd, en het lichaam is naakt en "worm"achtig met vooraan twee kleine schelpen met kleine scherpe tandjes (1,6). De schelpen draaien af-

wisselend 90° zodat een rond gat ontstaat. Deze raspbeweging kan 8-12 x per minuut optreden. Op 3 maanden oude leeftijd kan per dag 19 mm geboord worden (14). Door de groei van het dier kan de gangdoorsnede, die eerst 1-2 mm was, dieper in het hout maximaal 2,5 cm worden (1, 2, 7).

De gangen volgen veelal het verloop van de houtvezels.

De dieren blijven hun hele leven doorgaan met boren. De sifons steken buiten het hout zodat o.a. plankton opgenomen kan worden. Bij de sifons bevinden zich de paletten waarmee de gang onder ongunstige omstandigheden afgesloten kan worden. De gang beschermt het dier. Het lichaam vormt een duidelijk zichtbare kalklaag tegen de gangwand, wat misschien een bescherming geeft tegen giftige stoffen in het hout (9, 11).

Voeding

Van het afgeraspte hout kan het dier 80% van de cellulose en 15-56% van de hemicellulose in het lichaam opnemen. Op dit dieet, zoals kan voorkomen onder ongunstige omstandigheden als de palletten de gang afsluiten, kan *T. navalis* nog maanden leven. In het caecum en de spijsverteringsaanhangsels zijn cellulolytische enzymen aangetoond (14). Het is echter nog niet geheel duidelijk of deze enzymen door bacteriën of door *T. navalis* zelf geproduceerd worden (11). Men veronderstelt het laatste (*). Gedurende de voortplantingsperiode is de opname van plankton waarschijnlijk wel noodzakelijk (11).

3 Oecologie

De populatie wordt beïnvloed door een groot aantal milieufactoren zoals de temperatuur, zoutgraad, O₂-concentratie, stroomsnelheid en vervuiling van het zeewater, de aanwezigheid van "fouling"-organismen, d.w.z. organismen die zich op voorwerpen onder water vastzetten, de houtsoort, zijn eigenschappen, voorbehandeling, en plaats in het water, de bodemsoort, de lichtinval, de relatie met andere houtborende dieren en de aanwezigheid van predatoren en parasieten (11).

3.1 Abiotische factoren

Temperatuur van het water

T. navalis heeft een behoorlijke temperatuur- en zouttolerantie (13).

De temperatuur is belangrijker dan de zoutgraad van het water. Een gunstige temperatuur kan een ongunstige zoutgraad compenseren (10).

T. navalis vertoont een optimale activiteit bij 15-25°C. *T. navalis* is tolerant van 5-30°C. Beneden 5°C vindt geen booractiviteit meer plaats (1, 11). Larven zijn gevoeliger voor temperaturen; beneden 12°C en boven 35°C is letaal (4). Bij lagere temperaturen blijven de larven langer in de kieuwholte (11). In Denemarken is een duidelijke relatie waargenomen

tussen een relatief hoge luchttemperatuur van mei tot oktober en kalm weer (waardoor de bovenste laag van het zeewater verwarmd wordt en de larven in de buurt van het hout blijven) en een massale toename van paalwormen (10).

Strengere vorst doodt de paalworm (1).

Zoutgehalte van het water

T. navalis is nog actief bij een zoutgraad die 1/3 is van normaal (2).

Bij een zoutgraad van 4‰ kan de paalworm nog een maand overleven (3, 13).

Met de paletten wordt de gang dan afgesloten. De booractiviteit stopt bij een zoutgraad van 9-10‰. De larven zijn gevoeliger en kunnen een zoutgraad lager dan 10‰ niet overleven (11). Het zoutgehalte is in bovenstaande artikelen aangegeven als "salinity", waarmee waarschijnlijk het totale zoutgehalte (Stotaal) wordt bedoeld.

O₂-gehalte van het water

Door afsluiting van de boorgang kan *T. navalis* een O₂-gehalte die 1/10 is van normaal nog doorstaan. De paalworm bezit een grote hoeveelheid glycogeen die door een efficiënt mechanisme voor anaerobe glycolyse gebruikt kan worden (11). Na 23 dagen was de hoeveelheid glycogeen hierdoor sterk afgenomen, terwijl o.a. de hoeveelheid melkzuur toenam. (11).

Vervuiling van het water

Vervuiling van het water, b.v. door olie of H₂S, kan direct of indirect (via O₂-tekort) de activiteit van de paalwormen verminderen. Ook het regelmatig in beweging brengen van sediment heeft dit effect (11).

3.2 Biotische factoren

Mosselen (*Mytilus*) kunnen door byssus draden de paalwormen hinderen.

Zeepokken, borstelwormen, algen en de lintworm *Cryptosula pallasiana* zouden het hout zo dicht kunnen bezetten dat paalworminfectie niet meer mogelijk is (11).

Limnoria kan *Teredo* bij een niet te sterke aanval in het eerste seizoen tegenhouden (6, 11) Een zware *Limnoria*-aantasting legt de uiteinden van de boorgaten van *Teredo* open, waardoor de paalworm kan sterven (11).

De ribkwal *Mnemiopsis*, de platworm *Taenioplana teredini*, de borstelworm *Nereilepas fucata*, en kleine vissen zijn misschien predatoren (6, 11), terwijl de kreeften *Teredicola typica*, *Teredophilus renicola*, *Talorchestia tricornuata* en verschillende schimmels mogelijk parasieten zijn (11).

Het is niet waarschijnlijk dat al deze organismen in Nederland voorkomen.

4 Bestrijding

4.1 Bij reeds aangetast hout

- Door aangetast hout uit het water te halen en te drogen of gedurende meer dan twee weken in zoet water te plaatsen kan men de paalworm doden (2, 11).

- Ook een slag op aangetast hout heeft dit effect. In de Canadese houtindustrie maakt men daarom wel gebruik van dynamiet, dat bij laag water tussen de aangetaste palen tot ontploffing wordt gebracht, waardoor 75% van de Teredo-populatie kan sterven (11).
- Natriumarseniet, gesproeid op houtvloten, kan binnen 18 uur de paalwormen doden. Dit zou in houtmeren toegepast kunnen worden, maar een langdurige toepassing van deze stof zou voor de overige zeefauna en -flora gevaarlijk kunnen zijn (2, 9)
- Een biologische bestrijding met protozoa, planaria of borstelwormen is misschien het meest effectief en economisch, maar nog weinig onderzocht (11).

4.2 Preventief

- Het massale optreden van de paalworm gedurende de laatste jaren is mede veroorzaakt door de aanwezigheid van aantastbaar hout (8).

Aangetast hout wordt over het algemeen verwijderd en vervangen door van nature of door voorbehandelingen resistent hout.

- Een aantal tropische houtsoorten zijn van nature tamelijk resistent door de aanwezigheid van kiezelkristallen of giftige stoffen.

Binnen een houtsoort kan echter een grote variatie in resistentie bestaan, terwijl de resistentie tijdens het verblijf in het water b.v. door uitloggen kan verminderen (9).

Hout met een kiezelkristalconcentratie $\geq 0,50\%$, en kiezelkristallen in de vorm van korrels is meestal resistent. In het Nederlandse zeegebied bleek hout van *Eschweilera*, *Dicorynia guianensis* (*Basralocus*) en *Metrosideros vera* (*Lara*) door hun kiezelkristallen tamelijk resistent (1, 9, 12). Dit hout is echter ook moeilijk te bewerken (9).

Afweerstoffen kunnen zijn alkaloïden, harsmaterialen, looistoffen, gom, was- en olieachtige stoffen (11). In Nederland bleek hout van *Demarara-Greenheart* en *Eusideroxylon zwageri* (*Oelin*) door de aanwezigheid van alkaloïden tamelijk resistent (1, 9, 11, 12).

In de schors kunnen eveneens afweerstoffen voorkomen zodat de schors zo veel mogelijk intact gelaten moet worden (11).

- Een voorbehandeling met creosootolie, al of niet met toevoegingen, wordt veel toegepast. Onder hoge druk wordt creosootolie toegediend, zodat het spinhout hiermee doordrenkt raakt. Per m³ is zeker 320 kg creosootolie nodig. Na korte tijd treedt echter uitloging op, doordat de houtvezels water opnemen, dit kan 25% van de toegediende hoeveelheid zijn. Daarna treedt uitloging geleidelijk op (1-2% per jaar) (7, 9, 11). Vooral bepaalde polycyclische bestanddelen van creosootolie zijn zeer giftig voor larven van de paalworm (9). Aan creosootolie kunnen organotinverbindingen, koperverbindingen (zoals koperpentachloorfenaat) of combinaties van stoffen (zoals tributyltinoxide en dieldrin) toegevoegd worden (9).

-Impregnatie van spinhout met koperbevattende conserveringsmiddelen, zoals koperchromarseenoplossingen en kopernaftenaat, geeft eveneens een bescherming. Het hout moet dan zeker met 31 kg per m³ behandeld worden. Ook hier kan snelle uitloging optreden, terwijl de impregnatie bij bepaalde houtsoorten zeer variabele resultaten geeft (2, 9).

- Hout kan ook omgeven worden door een beschermende laag van b.v. verf, koper, gegalvaniseerd ijzer, nikkel-koperverbindingen, koper-zinkverbindingen, glas, grint, beton of plastic (1, 2).

Deze beschermende laag kan de vorm hebben van een drijvende kraag rond de paal (11).

Vroeger maakte men roestlagen door houtwerk met kopspijkers te beslaan, nu kan men dit krijgen door een elektrische stroom door ijzeren banden te sturen (1, 11).

Met creosoot geïmpregneerd hout kan omgeven worden door polyethyleen en polyvinylchloride (9).

5 Samenvatting

De laatste jaren heeft *Teredo navalis* in het Deltagebied schade aangericht. Dit komt waarschijnlijk door de aanwezigheid van veel aantastbaar hout. De volwassen paalworm kan door het afsluiten van de boorgang met de paletten ongunstige omstandigheden gedurende een lange periode overleven. Tijdens het larvestadium, ~~dat in Nederland ongeveer 2 weken duurt,~~ zijn de dieren gevoeliger voor o.a. temperatuur, zoutgraad, O₂-gehalte en vervuiling van het water. Bestrijding van de paalworm kan zich richten op dit larvestadium, en met name op het pediveligerstadium met metamorfose.

Aantasting van hout door het binnendringen van de paalworm kan verhinderd worden, door het gebruik van resistente houtsoorten, impregnatie van hout of het aanbrengen van één beschermende laag om het hout.

6 Literatuurlijst

- 1 Bentham Jutting, T. van.
Fauna van Nederland XII. Mollusca I. C. Lamelli branchia. Fam. Teredinidae.
Leiden, A.W. Sythoff's Uitg. Mij. N.V., 1943. blz. 397-418.
- 2 Bletchly, J.D.
Insect and marine borer damage to timber and woodworks; recognition, prevention
and eradication.
London, 1967. 87 blz.
- 3 Blum, H.F.
On the effect of low salinity on *Teredo navalis*.
Univ. California Publ. Zool. 22(1922) 4: 349-368
- 4 Bulatov, G.A.
Response of the larvae of the Black Sea *Teredo navalis* L. to different water
temperatures.
Comp. rend. (Doklady) de l'Acad. des Sci. USSR (n.s.) 32(1941) 4: 291-292.
- 5 Culliney, J.L.
Comparative larval development of the shipworms *Bankia gouldi* and *Teredo*
navalis.
Marine Biology 29(1975) 3: 245-251.
- 6 Grzimek, B., e.a. (Herausgebern)
Grzimeks Tierleben. Enzyklopädie des Tierreiches. Tl. 3. Weichtiere und
Stachelhäuter.
Kindler Verlag, 1970.
- 7 Holz-lexikon.
Nachschlagewerk für die holzwirtschaftliche Praxis.
Stuttgart, Holz-Zentralblatt Verlags, G.M.B.H., 1962.
- 8 Jaarverslag
Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke.
Verslag over 1970, 1972
- 9 Jones, E.B.J., and S.K. Eltringham (Eds.)
Marine borers, fungi and fouling organisms of wood.
Paris, Organisation for economic co-operation and development, 1971, 367 blz.
- 10 Kristensen, E.
Attacks by *Teredo navalis* L. in inner Danish waters in relation to environmental
factors.
Vidensk. Meddel. Dansk. Naturhist. Foren. 132(1969) 199-210.
- 11 Nair, N.B., and M. Saraswathy.
The biology of wood-boring teredinid molluscs.
Adv. Mar. Biol. 9(1971) 335-509. 589 refs.
- 12 Shipworm experiments during the period 1938-1970; A comparative study of the
resistance of tropical timber to shipworm.
Amsterdam, 1972. 19 blz. Communication no. 62.
Dept. of Agric. Research, Royal Tropical Institute.
- 13 Turner, R.D.
A survey and illustrated catalogue of the Teredinidae (Mollusca; Bivalvia).
Cambridge, 1966. 265 blz.

- 14 Wilbur, K.M., and C.M. Yonge (Eds.)
Physiology of Mollusca.
New York enz., 1968, 1966. 2 Vols.

7 Niet geraadpleegde literatuur (moeilijk verkrijgbaar)

Acker, R.E., B.F. Brown, e.a. (Eds.)

Proceedings of the third international congress on marine corrosion and fouling.
October 2-6, 1972.

Gaithersburg, Md., USA. National Bureau of Standards, 1973. 1031 blz. (Behandeld voornamelijk Teredinidae).

(niet aanwezig in Wageningen, Centraal laboratorium T.N.O.-Delft, en Koninklijk Instituut voor de Tropen - Amsterdam).

Deschamps, P.

Some cases of biocoenosis in the fauna of submerged wood in a marine medium.
Trav. Cent. Rech. Etud. Oceanogr. 7(1968) 3/4: 37-42. 21 refs.

Hyman, L.H.

The Invertebrates. Vol. 6. Mollusca pt. 2.
New York.

(Aangekondigd in pt. 1, 1967, maar misschien nog niet verschenen).