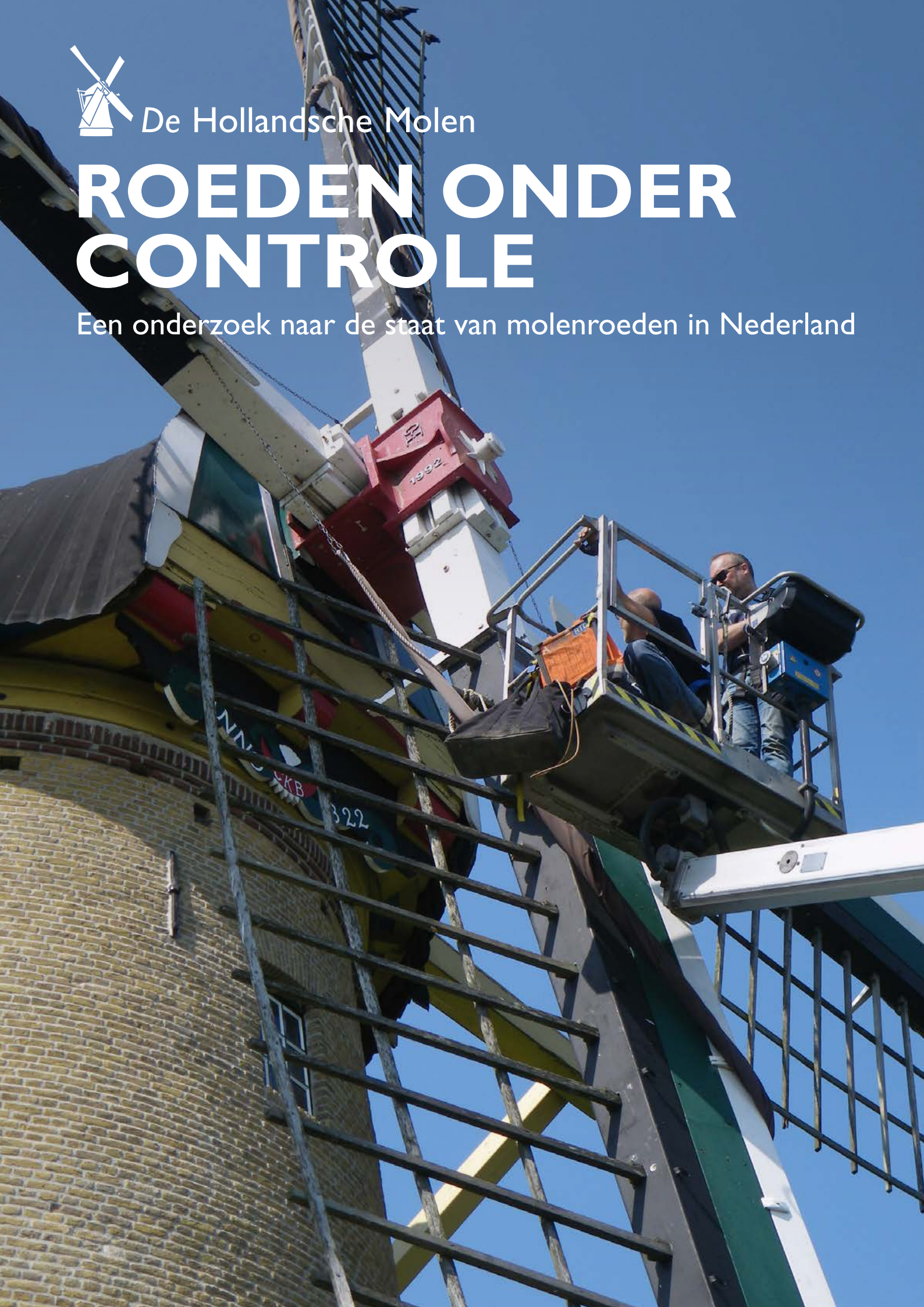




De Hollandsche Molen

ROEDEN ONDER CONTROLE

Een onderzoek naar de staat van molenroeden in Nederland



Roeden onder controle

**Een onderzoek naar de staat
van molenroeden in Nederland**

De Hollandsche Molen, maart 2022

Inhoudsopgave

1. Samenvatting en conclusies	5	6. Aanbevelingen	35
2. Inleiding	6	6.1 Inleiding	35
2.1 Aanleiding	6	6.2 Ontwerp en bestellen	35
2.2 Doel, afbakening en werkwijze	6	6.2.1 Maatvoering	35
2.3 Leeswijzer	7	6.2.2 Het ontwerp en constructieve berekeningen	36
3. Molenroeden	8	6.2.3 Plaatdikte	36
3.1 Historische ontwikkeling	8	6.2.4 Locatie van de molen	37
3.2 Stalen molenroeden	8	6.2.5 Planning in onderhoudscyclus	37
3.3 Richtlijn 1985 & 2011	9	6.3 Fabricage	38
3.4 Na 2017	10	6.3.1 Plaatmateriaal	38
4. De breuk	11	6.3.2 Wigschotten	39
4.1 Breuk op een las	11	6.3.3 Het lassen	40
4.2 Breuk door spanningsconcentraties	11	6.3.4 Heklatgaten	40
4.3 Door corrosie	12	6.3.5 Overige sparingen	41
4.4 Inventarisatie roedebreuken (staal) vanaf 2000	12	6.3.6 Tuigage	42
5. Huidige praktijk rondom molenroeden	17	6.4 Gebruik	42
5.1 Ontwerp en bestellen	17	6.4.1 Informatie over samenstelling instructie en gebruiksrichtlijnen	42
5.1.1 Maatvoering	17	6.4.2 Risicobeheersing bij het in werking stellen van de molen	43
5.1.2 Het ontwerp en constructieve berekeningen	17	6.5 Reparaties aan bestaande roeden	45
5.1.3 Plaatdikte	19	6.6 Inspecties aan bestaande molenroeden	45
5.1.4 Locatie van de molen	19	6.6.1 Doorhalen	46
5.2 Fabricage	20	6.6.2 Controle op plaatdikte	47
5.2.1 Plaatmateriaal	20	6.6.3 Controle op lasnaden	47
5.2.2 Wigschotten	20	6.6.4 Overige te inspecteren zaken	48
5.2.3 Het lassen	21	6.7 Monumentale waarden	48
5.2.4 Heklatgaten	23	7. Aanbeveling per sector	50
5.2.5 Overige sparingen	26	7.1 Aan roedemakers & constructeurs	50
5.2.6 Tuigage	26	7.2 Aan molenmakerijen	50
5.3 Gebruik	28	7.3 Aan moleneigenaren	50
5.3.1 Informatie over samenstelling, instructie en gebruiksrichtlijnen	28	7.4 Aan molenaars	51
5.3.2 Omgang met de molen door molenaars	29	7.5 Aan molenadviseurs	51
5.4 Reparaties aan bestaande roeden	30	7.6 Aan inspecteurs	51
5.5 Inspecties aan bestaande molenroeden	32	7.7 Aan Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed	52
5.5.1 Doorhalen	32	7.8 Aan De Hollandsche Molen	52
5.5.2 Controle op plaatdikte	33	8. Woordenlijst	53
5.5.3 Controle op lasnaden	33	9. Colofon	54
5.6 Monumentale waarden	34	Disclaimer	54
		Gebruikte bronnen	54
		Fotoverantwoording	54

Voorwoord

Op verschillende plekken binnen het molenveld zijn er zorgen over de toestand van sommige molenroeden. De afgelopen jaren zijn er namelijk bij een aantal traditionele windmolens in Nederland onverwacht roeden gebroken. Gelukkig was er slechts materiële schade en deden zich geen persoonlijke ongevallen voor. Niettemin kwam uit deze en eerdere ongevallen naar voren dat er een grote urgentie is om molenroeden aan een nader onderzoek te onderwerpen. Voor moleneigenaren is het immers van groot belang goed inzicht te hebben in de staat van het wiekenkruis van 'hun' molen(s), gelet op de veiligheid van molenaars en bezoekers. Deze problematiek moet daarom goed worden onderzocht en duidelijk in beeld gebracht worden.

Dit heeft geleid tot het besluit van De Hollandsche Molen om in overleg met de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed en in nauwe samenwerking met het molenveld onderzoek te doen naar molenroeden en de oorzaken van roedebreuken. Het team voor het roedeproject bestond uit projectleider Leo Endedijk en de molenadviseurs Matthijs Ero en Jippe Kreuning. De aanvullende financiering van het project was mogelijk door een subsidie van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, het Molenfonds en Het Gilde van Vrijwillige Molenaars.

De resultaten van het onderzoek met conclusies en aanbevelingen zijn verwerkt in dit rapport. Het rapport is bedoeld voor alle direct betrokkenen bij fabricage, inspectie, behoud en indien noodzakelijk vervanging van molenroeden. Op basis van dit onderzoek en na publicatie van dit rapport wordt een risicoinventarisatie-instrument voor bestaande molenroeden ontwikkeld (de zogenaamde RoeRie) waarin kennis over dit complexe onderwerp wordt samengebracht. Met dit hulpmiddel kan een moleneigenaar de risico's in kaart brengen rond de roeden van zijn molen(s) en desgewenst actie ondernemen. Dat laatste is nadrukkelijk de verantwoordelijkheid van de eigenaar, De Hollandsche Molen bepaalt immers niet welke roede eventueel op welke termijn vervangen moet worden. Als sluitstuk van het roedeproject wordt tenslotte gestreefd naar een uniforme Uitvoeringsrichtlijn onder auspiciën van de Stichting ERM.

Ik wil op deze plek alle betrokkenen bij dit onderzoek en rapport hartelijk dank zeggen voor hun medewerking en bijdrage. Die dank betreft in de eerste plaats de vele deskundigen die door het onderzoeksteam geraadpleegd zijn: roedemakers, molenmakers, adviseurs, monumentenwachters, molenaars, enz. De klankbordgroep zorgde tussentijds voor zeer waardevolle adviezen. Het meeste werk werd door Matthijs Ero en Jippe Kreuning gedaan en dankzij hun deskundige inzet is er nu een rapport dat naar mijn stellige overtuiging ervoor gaat zorgen dat professioneel en zorgvuldig met bestaande en nieuwe roeden omgegaan kan worden. En dat is essentieel voor een veilig molenbehoud en het ongehinderd laten draaien van de molens, die toch het visitekaartje van Nederland vormen.

Maart 2022

Nicole Bakker, directeur De Hollandsche Molen

1. Samenvatting en conclusies

Dit onderzoek laat zien dat een roedebreuk diverse oorzaken kan hebben. Er zijn drie hoofdoorzaken aan te wijzen: corrosie, slechte lassen en spanningsconcentraties. Bij het inschatten van de resterende levensduur van een roede zijn er echter veel andere factoren in het spel die ook nog met elkaar samenhangen.

Door de jaren heen zijn er veel verschillende fabricagemethoden, ontwerpen en materialen gebruikt bij het vervaardigen van molenroeden. Lange tijd werden roeden ontworpen op een maximale bescherming tegen corrosie. Roeden zijn echter – ook bij normaal gebruik – onderhevig aan constructieve slijtage. Het eigen gewicht van de roede en de tuigage spelen daarin een grote rol. Een aantal recente roedebreuken veroorzaakt door vermoeiing als gevolg van jarenlange zware dynamische belasting laat dit duidelijk zien.

De laatste jaren is bij het ontwerp het voorkomen van zogenaamde spanningsconcentraties gelukkig steeds belangrijker geworden. Het streven bij nieuwe molenroeden moet zijn dat de spanningen die bij het draaien vrijkomen, gelijkmatig verlopen. Deze spanningen mogen niet worden gehinderd door bijvoorbeeld scherpe hoeken van een heklatgat, een onvolkomenheid in laswerk, enzovoorts. Juist op deze plekken kan vermoeiing optreden en kan er een scheur ontstaan.

In het huidige molenveld is zeer veel kennis en deskundigheid aanwezig op het gebied van de fabricage van gelaste roeden. Deze zijn met de huidige werkmethoden constructief voldoende sterk samen te stellen. Men is zich ook zeer bewust van het feit dat een zorgvuldige uitvoering van het werk in hoge mate bijdraagt aan de veiligheid van molenroeden. Gezien de monumentale aard van de molen zijn er wel beperkingen in de ruimte die beschikbaar is om meer veiligheidsmarges in te bouwen. Dit heeft tot gevolg dat de roeden, als men daarmee geen risico's wil lopen, niet oneindig lang mee kunnen gaan.

Een roedebreuk is een gevolg van een samenloop van diverse omstandigheden, waarbij het formaat en gewicht, de detaillering en de gebruiksgeschiedenis allemaal een bepalende factor zijn. Een afkeuringsgrond op basis van louter één zo'n factor is niet voldoende. Een roede kan qua laswerk en plaatdikte in orde zijn, maar vanwege de zware tuigage, het intensieve gebruiksregime en een verkeerd gedetailleerd heklatgat toch breken omdat er vermoeiing is opgetreden bij deze spanningsconcentratie. De grote les uit dit onderzoek is dan ook dat juist de

combinatie van al deze factoren maatgevend moet zijn bij het inschatten van de levensduur van een roede. Moleneigenaren moeten zich bewust zijn van deze diversiteit aan factoren, en dienen hier rekening mee te houden bij het inspecteren van de roeden van hun molen(s) en het verbinden van conclusies daaraan. Het is dan ook raadzaam om de te inspecteren roeden vanuit verschillende invalshoeken tegen het licht te houden, door roedemakers, molenmakers, molenadviseurs en molenaars erbij te betrekken. De verschillende partijen met hun kennis en ervaringen kunnen zo een beter gezamenlijk oordeel formuleren voor die specifieke molen. Het ontbreken van specifieke afkeurcriteria bij het inspecteren van lasnaden en plaatdikte maakt het zeer lastig om op basis van deze onderzoeken een definitief oordeel te vellen. Metingen kunnen veel zeggen, deze kunnen zelfs tot onmiddellijke vervanging leiden, maar ze moeten overduidelijk in een bredere context geplaatst worden. Om hier richting aan te geven heeft De Hollandsche Molen de RoeRie ontwikkeld: een risico-inventarisatie en -evaluatie, speciaal toegespitst op gelaste stalen molenroeden.

Voor nieuwe roeden geldt dat veel roedemakers, zeker sinds het intrekken van de tweede roederichtlijn, zelf grote verbeteringen hebben aangebracht in hun ontwerp. Het verdient de sterke aanbeveling dat er met name over de constructieve aspecten en veiligheidsaspecten van molenroeden meer kennisdeling ontstaat. Wij vragen de sector dan ook om actief de opgedane kennis te delen en om de informatie over het ontwerp, de constructieve berekeningen en de samenstelling van de roede in een roededossier mee te leveren.

De ervaring leert ons inmiddels dat een goed gemaakte roede minstens 50 jaar mee kan gaan, mits deze regelmatig draait, goed wordt onderhouden, goed wordt geïnspecteerd en als zich geen grote incidenten voordoen.

Momenteel zijn er veel oude(re) roeden aanwezig in het Nederlandse molenbestand en als we regelmatige roedebreuken willen voorkomen, moet het veiligheidsniveau omhoog. Wij zijn ons er zeer van bewust dat als we dit willen bereiken, er de komende jaren intensief ingezet moet worden op het monitoren van de molenroede tijdens de gehele levensduur. Dat dit uiteindelijk leidt tot het vervangen van stalen molenroeden en mogelijk in een sneller tempo dan voorheen gedacht, is zeer goed mogelijk. Deze prognose valt echter buiten de scope van dit onderzoek en rapport.

2. Inleiding

2.1 Aanleiding

Molenroeden zijn de twee door de askop gaande rechthoekige balken die samen het wiekenkruis vormen. Door het draaien én door de weers- en windomstandigheden worden molenroeden dynamisch belast, wat het lastig maakt om tot een eenduidige aanpak in de constructie, onderhoud en reparatie te komen. Elke roede, diens belastingsgeschiedenis en de omgeving waarin de molen staat is immers anders.

De meest recente roedebreuken hebben laten zien dat de kennis over roeden in het molenveld erg versplinterd en ongelijk verspreid is. Rondom molenroeden zijn verschillende actoren betrokken: roedemakers, molenmakers, molenaars, monumentenwachters, molenadviseurs, enzovoorts. Er zijn verschillende methoden en technieken in gebruik in de fabricage, bij het onderhoud en tijdens de inspectie. Ook komen bij de inspectie van molenroeden (die vaak wordt uitgevoerd door monumentenwachters, molenadviseurs, molenmakers of roedemakers zelf) verschillende opvattingen over het inschatten van de resterende levensduur aan bod. Bovendien wordt dit weer bemoeilijkt door de verschillen in constructiewijze en het weinige inzicht in de gebruiksgeschiedenis.

In het verleden zijn er van rijkswege in 1985 en 2011 richtlijnen voor stalen molenroeden opgesteld. Deze zijn later door verschillende oorzaken ingetrokken. Het ontbreken van een nu geldende richtlijn betekent dat de roedemakers zelf meer verantwoordelijkheid dragen. Dit betreft met name de fabricage- en berekenmethoden en de certificering van materialen en technieken.

Dit complexe samenspel vraagt om een overzicht van de technische aspecten van molenroeden. Het is van groot algemeen belang voor het molenveld dat molenroeden constructief veilig zijn en dat onderhoud en inspectie doeltreffend worden uitgevoerd. Het is vanzelfsprekend dat dit onderwerp het gehele veld raakt en dat iedereen betrokken moet worden. Alleen met een breed gedragen aanpak kunnen we de omgang met molenroeden toekomstbestendig maken en duurzaam inrichten. En daarmee dus eendrachtig inzetten om het aantal roedebreuken en de veiligheidsrisico's te verminderen.

2.2 Doel, afbakening en werkwijze

In het projectplan zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- Wat zijn de huidige, gehanteerde werkwijze bij het ontwerp, fabricage en inspectie van gelaste molenroeden?
- Welke factoren zijn van invloed bij het breken van een stalen molenroede?
- Welke waarneembare indicatoren wijzen op een onvoldoende sterke roede?

Centraal in de aanpak en onderzoeksmethode staat de bestaanscyclus van een molenroede, van besluit tot aanschaf via productie, gebruik, plaatsing, onderhoud naar uiteindelijk afkeuring en vervanging.

Uiteraard is de doelstelling van dit onderzoek en rapport het aantal roedebreuken zo veel mogelijk te beperken of zelfs uit te sluiten. Dat is een verantwoordelijkheid van de direct betrokkenen: moleneigenaren, roedemakers, molenmakers, adviseurs, molenaars, enz. Voor hen is dit rapport in eerste instantie bedoeld en om die reden wordt uitgegaan van een bepaalde kennis van molentermen en -technieken.

2.3 Leeswijzer

De opbouw van dit rapport is als volgt. In hoofdstuk 3 gaan we kort in op de verschillende typen molenroeden, hoe deze constructief verschillen en waarom de focus bij dit onderzoek ligt op gelaste roeden. Het is belangrijk om als eerste een onderscheid te maken tussen verschillende soorten roeden. Roeden zijn van hout of van staal. Stalen molenroeden zijn gelast of geklonken. Verreweg de meeste stalen roeden zijn gelast. Houten roeden komen veel minder vaak voor en vallen buiten de scope van dit rapport. De eerder geschetste problematiek komt met name voor bij gelaste roeden, welke dan ook het hoofdonderwerp van dit rapport zijn.

Vervolgens geven we een overzicht van de technische aspecten van gelaste molenroeden. Dit deel is beslist géén handleiding voor het maken van roeden, maar aan de hand van de bestaanscyclus van een roede inventariseren we de verschillende technische aspecten waar men mee te maken heeft. De projectgroep heeft intensieve gesprekken gevoerd met roedemakers, molenmakers, molenadviseurs, monumentenwachters, molenaars en met de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Samen met de ondervraagde partijen is de bestaanscyclus langsgelopen en zijn zo alle processen en werkwijzen onder de loep genomen. Al deze betrokkenen hebben te maken met andere fases van de bestaanscyclus van een molenroede. Zodoende zijn bij elke fase uit deze cyclus de desbetreffende experts gehoord en is in dit onderzoek de gezamenlijke kennis en visie samengevat. Daarnaast is er nog uitvoerig literatuuronderzoek gedaan naar onder meer de ontwikkeling van molenroeden en specifieke technische aspecten.

Deze beschrijving van de technische aspecten van een molenroede vormt de afspiegeling van de huidige stand van zaken van de kennis van roeden in het molenveld. Deze resultaten zijn vervolgens geanalyseerd, en hieruit volgt per onderwerp een aanbeveling voor de te hanteren werkwijze. Tot slot zijn al deze resultaten en aanbevelingen verwerkt tot een risicoinventarisatie-instrument.

De bereidheid om kennis te delen was bij alle betrokken partijen zeer groot: een blijk van de betrokkenheid van alle spelers in het molenveld. We zijn ervan overtuigd dat het belangrijk is om als molenveld gezamenlijk op te treden als het om de (technische) veiligheid van molenroeden gaat. Dit rapport stelt dan ook een breed gedragen aanpak voor die ten goede komt aan alle molens in Nederland.

3. Molenroeden

3.1 Historische ontwikkeling

De algemeenheid van het uiterlijk van molenwieken zou ons doen kunnen vermoeden dat deze er altijd al zo uitgezien hebben. De ontwikkeling van de windmolen is echter een continu proces geweest. De vorm van de molen was altijd aan verbetering onderhevig, bijna als een soort evolutionair proces. Voor ons begrip van de huidige problematiek rondom molenroeden is het daarom van belang dat we een paar historische zaken nader bekijken.

Vóór de ontwikkeling van de eerste ijzeren molenroeden rond 1860 waren alle roeden van hout. Het in de molenbouw veel toegepaste zware eikenhout was voor roeden niet geschikt, men paste daarom met name het lichtere grenenhout toe. In de eerste instantie was dat Europees grenenhout, uit het Baltische gebied of uit Duitsland, later werd met name Amerikaans grenen gebruikt. Vroegere houten roeden bestonden uit drie delen: het middendeel ('de borst') waar aan beide uiteinden een zogenaamde oplanger werd aangelast. Door het in grote lengtes beschikbare Amerikaanse hout konden de houten roeden later gemakkelijker uit één stuk worden vervaardigd. Men had al vroeg door dat een goede gewichtsverdeling essentieel is voor een goede roede. Om tot een mooi evenwichtig wiekenkruis te komen werd het worteleind van de roede vaak wat lichter uitgevoerd, omdat daar het soortelijk gewicht van het hout het grootst is. Door de roede uit te balanceren werd zo de uiteindelijke vorm gehakt of gezaagd.

Uit informatie in verschillende polderarchieven kunnen we concluderen dat een houten roede een krappe tien jaar meeinging voordat deze brak. Uiteraard is houtrot het grootste gevaar voor een houten roede en kon zelfs een

klein of slecht zichtbaar gebrek plotseling grote gevolgen geven. Structurele elementen, bijvoorbeeld een valscheur, kon de roede ook plaatselijk zeer verzwakken. Interessant in deze context is bijvoorbeeld ook de Instructie voor de molenaars van de heer-hugo-waard uit 1840, bewaard in het Regionaal Archief Alkmaar. Artikel 3 van deze instructie gebiedt de molenaars te allen tijde te moeten helpen bij het af- en aanvoeren van 'het gebroken [grote] hout', dat wil zeggen: de gebroken assen, spillen en roeden. Stonden er meerdere molens bij elkaar, dan was men bovendien verplicht om bij elkaar te komen helpen. Een roedebreuk was dus aan de orde van de dag, zeker bij intensief bemalen droogmakerijen. Zulke grote polders hadden dan ook doorgaans verschillende roeden al op voorraad zodat het malen zo kort mogelijk gestaakt hoefde te worden. Een gebruik dat zich later voortzette bijvoorbeeld in de Schermeer en Alblasserwaard. Uit de notities van de roedefirma Pot uit Kinderdijk blijkt dat zij geen verschillende binnen- en buitenroeden leverden aan de Schermeer, maar een soort tussenmodel met weinig porring dat zowel als binnen- als buitenroede kon dienen.

3.2 Stalen molenroeden

De ontwikkeling van de molenroeden kent een treffende overeenkomst met de scheepsbouw. Zodra men het klinken van staalconstructies goed onder de knie krijgt, worden vanaf omstreeks 1850 molenroeden uit plaatijzeren onderdelen samengesteld. De firma van de gebroeders Pot uit Kinderdijk, die voornamelijk schepen bouwde, heeft in hoge mate bijgedragen aan de roeden als geklonken constructie. Zij maakten er uiteindelijk enige

Het hakken van een houten roede





Advertentie voor Potroeden in de Hoornsche Courant, 9 maart 1867



Advertentie voor Potroeden in de Nieuwe Rotterdamsche Courant, 9 november 1866

duizenden die van goede kwaliteit waren. Een relatief groot aantal van deze zogenaamde Potroeden hebben het meer dan een eeuw uitgehouden en tegenwoordig worden ze actief behouden en gerestaureerd. Curieus is dat Pot zelf bij de levering van zijn roeden aanvankelijk slechts 3 jaar garantie gaf!

Nadat de lastechniek meer terrein won, kwamen vanaf de jaren 40 van de 20e eeuw de gelaste roeden meer in beeld. Hierna worden er vooral, tot op de dag van vandaag, gelaste roeden gestoken. Zowel de geklonken als de gelaste roeden voldeden aanzienlijk meer aan de verwachtingen dan de talloze houten voorgangers. Het spreekt vanzelf dat deze omslag de veiligheid op en rond het molenerf ten goede kwam. Geklonken en gelaste roeden bestaan dus al heel lang naast elkaar, soms zelfs in dezelfde molen. Het aantal geklonken roeden breidt zich na jaren van afname, weer iets uit nu er weer nieuwe geklonken exemplaren worden vervaardigd.



Nieuwe geklonken roeden in de werkplaats

3.3 Richtlijn 1985 & 2011

Met het steeds meer maalvaardig restaureren van molens bleek begin jaren 80 (20e eeuw) dat er verschillende gezichtspunten waren ten aanzien van de berekenmethodes, materiaalkeuze, uitvoering en conservering van gelaste roeden. Omdat de roeden werden aangebracht in molens die meestal de status van Rijksmonument hadden, is vanuit de toenmalige Rijksdienst voor de Monumentenzorg een roederichtlijn samengesteld. Ingenieursbureau Wassenaar uit Haren werd ingeschakeld om de benodigde berekeningen te maken. Deze richtlijn is een gedegen en doorwrocht stuk werk waarmee het molenveld betrekkelijk eenvoudig een gestandaardiseerde methode kon hanteren bij het vervaardigen van nieuwe roeden. Vanaf 1985 ontstaat er

meer gelijkheid in de productie, al zijn er ook verschillen per producent waarneembaar. Binnen de huidige collectie van een 2.400 molenroeden, zijn er ongeveer 450 gelaste exemplaren van voor de richtlijn. Momenteel draaien er nog een 65 stuks geklonken, veelal gerestaureerde, exemplaren.

Roeden die geheel conform deze richtlijn uit 1985 zijn samengesteld, zijn van goede constructieve kwaliteit gebleken. Corrosie (roest) was lange tijd de voornaamste reden om roeden te vervangen. Vandaar ontstond er de indruk dat er met name aan de weerbestendigheid nog te verbeteren viel. Medio 2004 schakelde de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed wederom een ingenieursbureau in om een herziening van de bestaande richtlijnen te verzorgen. Het streven was een roede die tenminste 50 jaar mee moest gaan. In de herziening waren met name wijzigingen in de staalsoorten opgenomen om de corrosieweerstand te vergroten. De afstand tot de kust werd maatgevend voor de keuze tussen weervast staal (welke werd aangeduid als roedetype A) en verzinkt constructiestaal (roedetype B). Vanwege de beperkingen qua roedelengte bij het verzinken werd de mogelijkheid geïntroduceerd de roeden deelbaar te maken. Hierdoor werd het verzinken aanzienlijk vergemakkelijkt. Verder werd er meer naar normeringen verwezen en kwamen er eisen ten aanzien van het laswerk. In de praktijk werd dat echter vaak ondermaats uitgevoerd. Ook wordt richting gegeven aan het doen van non-destructief onderzoek voordat de nieuwe roede wordt geconserveerd. Aan zaken als constructieve slijtage, dus degradatie van de sterkte door gebruik (belasting), en de theoretische levensduur op basis van de dynamische belasting gaat men voorbij. Er zijn geen tekenen dat dit bij het afkeuren van roeden een maatgevende factor is. In december 2011 wordt de nieuwe richtlijn voor het vervaardigen van stalen molenroeden een feit.

Hoewel de weerbestendigheid met de richtlijn van 2011 is ondervangen, komen er na enkele jaren signalen dat bij de nieuwe gedeelde roeden de bouten op de flensdeling problemen geven. In 2014 en 2015 bezwijken bij molens met een grotere vlucht enkele bouten als gevolg van flenskanteling en overbelasting. In de hoeken waar de beide roededelen bij elkaar komen blijken grotere krachten aanwezig dan voorzien. Enkele roedemakers verzwaren dan al zelfstandig de flenzen in de hoop de problemen te kunnen ondervangen. In 2016 wordt de methodiek herberekend. De problemen bleken complexer

dan gedacht waarna intrekking van de richtlijn in 2017 volgt. Intussen zijn 47 molens in Nederland voorzien van deze gedeelde roeden. Bij deze molens worden in de daaropvolgende jaren de roeden vervangen door exemplaren uit één stuk.

3.4 Na 2017

De gang van zaken met de gedeelde roeden en het intrekken van de richtlijn had tot gevolg dat de roedemarkt 'vrij' werd. Een moleneigenaar heeft sindsdien geen uitgangspunten meer waar naar verwezen kan worden. Desondanks heeft het wel tot een grotere bewustwording en kennisontwikkeling geleid bij bestaande roedemakers, elk op een eigen wijze. Deze diversiteit in aanpak wordt nog verder versterkt door het ontbreken van een eenduidige beoordelingsmethode en afkeurcriteria voor bestaande roeden.

Naast het manifesteren van gebreken aan bestaande roeden die zich niet hadden voorgedaan als de richtlijn goed was opgevolgd, komen nu ook nieuwe gebreken aan het licht. Met name de constatering dat vermoeiing een grote rol speelt is betrekkelijk nieuw. Daar waar de richtlijn 2011 inzette op weerbestendigheid, blijkt dit in veel gevallen niet de afkeuringgrond, daar twijfels over de constructieve sterkte bepalend zijn geworden. In het hierop volgende hoofdstuk zullen we dieper ingaan op de gebreken die leiden tot roedebreuken.

4. De breuk

Tijdens het draaien worden de roeden het zwaarst belast. Het telkens heffen en doen vallen van de enden zorgt voor een steeds wisselende belasting bij elke omwenteling. Het gewicht, de vlucht en de tuigage bepalen in grote mate de intensiteit van deze belasting. Logischerwijs volgt dat het spanningsverloop rondom het draaipunt, de askop, het grootst is. Op dit punt is de roede dus ook het meest gevoelig voor gebreken. Hier moeten de meeste krachten verwerkt worden, en bij een gebrek op dit punt ontstaat er dan een onaanvaardbare hoge spanningsconcentratie die tot en breuk kan leiden. Denk hierbij aan het heen en weer bewegen van een paperclip: als de spanning te hoog wordt, zal de paperclip vroeg of laat bezwijken.

In tegenstelling tot wat vaak vermoed wordt, is een trage gang van de molen voor de roeden intensiever dan wanneer deze normaal in bedrijf is. In dit laatste geval heeft de korte duur van de belasting in combinatie met de middelpuntvliedende kracht een gunstige invloed op de intensiteit van de belasting. Roedebreuken komen ook regelmatig voor bij een traag draaiende molen dan wanneer deze sneller draait.

In het algemeen kunnen we drie hoofdoorzaken aanwijzen waardoor stalen molenroeden breken: (4.1) breuk als gevolg van een slechte las, (4.2) breuk door spanningsconcentraties met als gevolg vermoeiing en (4.3) breuk door corrosie. In veruit de meeste gevallen is het de combinatie van factoren die de roede doet breken. Vlucht, massa, leeftijd en gebruiksregime zijn hiervan enkele voorbeelden. Doordat de windbelasting en de vluchten in het westen van het land groter zijn dan in het oosten, lijkt er de oorzaak van dat breuken zich in het westen het meeste voordoen. In paragraaf 4.4 volgt een inventarisatie van de gebroken roeden vanaf 2000 tot en met 2021. Deze periode karakteriseert zich door de opkomst van het meer gestructureerd onderhouden en inspecteren van molens. Dit komt onder andere door de invoering van de SIM (en diens voorgangers).

4.1 Breuk op een las

Bij een breuk op een las is sprake van een inscheuring op of nabij de stuiklas. Een las is een onderbreking van de materiaalsamenstelling die bij onzorgvuldige uitvoering tot een opeenhoping van spanningen in het materiaal kan leiden. Vermoeiing kan zich daar ook door toegenomen

spanningsconcentraties manifesteren. Gebleken is dat er in de afgelopen decennia in voorkomende gevallen onbewust fouten zijn gemaakt bij het laswerk. Een onvoldoende doorlassing is in de oudere roeden meer regel dan uitzondering. Opmerkelijk is dat deze roeden niettemin vele jaren (soms tot meer dan 60 jaar) zonder problemen hun werk hebben gedaan. Als door gebreken in de las een scheur geïnitieerd wordt, ontstaat er een oncontroleerbare situatie. Meestal is het doorscheuren van één zijde van de roede nog geen aanleiding tot breuk. Zodra de scheur de aanliggende plaat bereikt, raakt de roede dermate verzwakt dat deze zal breken. Vaak blijft het afgebroken deel aan de zijplaat hangen. De breuk wordt ingezet door een gebrek aan de las, maar het verder scheuren krijgt ook zijn vorm door vermoeiing. Een slechte las leidt tot spanningsconcentraties en daardoor tot vermoeiing, scheuring en breuk. Dit type breuk heeft vanaf 2000 vermoedelijk 6 keer plaatsgevonden.

4.2 Breuk door spanningsconcentraties

Breuk door spanningsconcentraties is een relatief nieuw ontdekte en onlangs manifest geworden oorzaak. Deze doet zich voor bij roeden die bijzonder veel hebben gedraaid en bij een grote vlucht. Door het



Breukvlak van een roedebreuk veroorzaakt door spanningsconcentraties

draaien worden roeden dynamisch belast en krijgt de constructie spanningen te verduren. Als er door het ontwerp en de detaillering van de roeden plekken zijn waar de spanning niet gelijkmatig verloopt, is er daar sprake van een spanningsconcentratie. Dit zijn de plaatsen waar vermoeiing sneller optreedt. Als gevolg van de belasting van het draaien heeft er een constructieve slijtage plaatsgevonden en kan er bij een spanningsconcentratie een scheur beginnen. Een breuk die door spanningsconcentraties is ontstaan heeft sinds 2000 vermoedelijk 3 keer plaatsgevonden.

4.3 Door corrosie

Door het inwerken van de weerslelementen en een gebrek aan een gedegen behandeling ontstaat corrosie. Deze kan zich aan de buitenzijde en binnenzijde van de roede gaan ontwikkelen. De buitenzijde wordt doorgaans goed behandeld en deze is goed zichtbaar. Bovendien is deze zijde van de plaat de kant die het meest te lijden heeft. De binnenzijde is moeilijker te bekijken en te behandelen. Het is vaak de afwerking die bij de productie is aangebracht, de locatie van de molen in het land, hoe de molen wordt weggezet en de draaifrequentie die bepalen in hoeverre een roede daar corrodeert.

Corrosievorming die de aanleiding tot breuk kan geven bevindt zich vooral rondom de as. De legzijden van de roeden in de as, specifiek de overgang van het ashuis naar de roede, is de plaats waar sneller putcorrosie ontstaat. Deze is te signaleren. Corrosie aan de binnenzijde, die zich soms concentreert ter plaatse van het wigschot is veel moeilijker te ontdekken. Dit is het enige type breuk dat gerelateerd kan worden aan onderhoud en deze heeft zich vermoedelijk sinds 2000 twee keer gemanifesteerd.



Breuk veroorzaakt door zware corrosie

4.4 Inventarisatie roedebreuken (staal) vanaf 2000

2001 - De Kat, Uitgeest

Buitenroede:	25,4 meter
Datum:	27 mei 2001
Fabrikant:	Hoogovens
Wiekstelsel:	Oudhollands
Ouderdom:	1973 (28 jaar)

De roede brak geheel af en bleef niet hangen. Met deze roeden had de molen bij benadering 4,5 miljoen omwentelingen gemaakt. Waarschijnlijk was een bezwijken las in een zijplaat de oorzaak waarbij de scheur zich voortzette in de voorplaat. De platen waren 10 mm dik en lassen waren niet doorgelast. Bij het vervangen van deze roede is ook de binnenroede vervangen.



De Kat, Uitgeest



De Zoeker, Zaandam

De Zoeker, Zaandam	
Binnenroede:	22 meter
Datum:	29 oktober 2001
Fabrikant:	Pot
Wiekstelsysteem:	Oudhollands
Ouderdom:	1871 (130 jaar)

De molen maalde rustig en voerde alleen zeil op de buitenroede (2 duikers). De roede was zeer oud en had waarschijnlijk meer dan 175 miljoen omwentelingen gedraaid. Deze was met dunne platen en onderbroken hoeklijnen gerepareerd. Op de lange termijn bleken deze reparaties te gaan roesten en niet toereikend.

2002 - St. Antonius, Halsteren	
Binnenroede:	24,5 meter
Datum:	12 augustus 2002
Fabrikant:	Pot
Wiekstelsysteem:	Fokwieken
Ouderdom:	1937 (65 jaar)

Op 12 augustus 2002 draaide de molen rustig en brak de roede af direct bij de as. Over de oorzaak is weinig bekend, maar deze roede zal zeer veel gedraaid hebben.

2005 - Overwaard no. 2, Kinderdijk

Binnenroede:	29,5 meter
Datum:	2 juni 2005
Fabrikant:	Derckx
Wiekstelsysteem:	Oudhollands
Ouderdom:	1983 (22 jaar)

De Overwaard 2 stond met vier volle zeilen rustig te draaien toen de binnenroede afbrak ter hoogte van het eerste heklatgat (vanaf de as). De breuk lijkt te zijn ontstaan vanuit een onvolledige las in de voorplaat welke via de zeilzijde langs een heklatgat is doorgescheurd. Langere tijd was dit qua vlucht de grootste molen van Nederland.

Nederwaard no. 7, Kinderdijk

Binnenroede:	28 meter
Datum:	1 juli 2005
Fabrikant:	Waterschap Nederwaard
Wiekstelsysteem:	Oudhollands
Ouderdom:	1972 (33 jaar)

Kort na de roedebreuk op de Overwaard 2 brak bij de Nederwaard 7 de binnenroede. Deze brak af op het wigshot waaraan later lasfouten werden geconstateerd. Ter borging van het schot waren er sleuven aangebracht welke waren volgelast. Deze slotlassen hebben de constructie verzwakt. Bij de molens op de Kinderdijk waar twijfels waren over de kwaliteit van de lassen, heeft men kort daarop trekplaten aangebracht ter hoogte van de askop.



Nederwaard no. 7, Kinderdijk

2006 - Nieuw Leven, Wogmeer	
Binnenroede:	25 meter
Datum:	20 juli 2006
Fabrikant:	Burger
Wiekstelsysteem:	Fokwieken
Ouderdom:	1956 (50 jaar)

In 2005 verving men al de buitenroede van dezelfde fabrikant en leeftijd als de binnenroede. De roede brak geheel af na ongeveer 11,5 miljoen omwentelingen op ongeveer 4 meter uit de as. Met de molen, voorzien van fokken, werd regelmatig gemalen voor de polder.

2010 - 't Roode Hert, Oudorp (Alkmaar)	
Binnenroede:	24,8 meter
Datum:	17 juni 2010
Fabrikant:	Straathof
Wiekstelsysteem:	Ten Havekleppen met Busselneuzen op de binnenroede, fokken op de buitenroede
Ouderdom:	1989 (21 jaar)

Deze roeden hebben het relatief kort volgehouden maar hebben niettemin 23 miljoen omwentelingen gemaakt. De molen was met haar wiekstelsysteem zodanig uitgerust om flink vermogen te kunnen genereren. De binnenroede met Ten Have-kleppen brak af op het wigschot, niet op een stuiklas. Oorzaak lag aan de plaatsing van het vastgelaste wigschot, de miljoenen omwentelingen en het gegeven dat de molen geregeld flink maalde met openstaande Ten Have-kleppen waarbij de binnenroede het vermogen van de buitenroede (met fokken) moest compenseren. De combinatie zal op die dag funest zijn geweest.

2013 - Poldermolen Wadenoijen, Ophemert	
Binnenroede:	25 meter
Datum:	27 oktober 2013
Fabrikant:	Buurma
Wiekstelsysteem:	Oudhollands
Ouderdom:	1992 (21 jaar)

Op 27 oktober 2013 brak wederom een relatief jonge binnenroede, nu bij Poldermolen Wadenoijen in Ophemert. Deze molen is in 2010 naar zijn locatie in Ophemert overgeplaatst waarbij er reparatiewerkzaamheden aan deze roeden waren verricht.

2014 - De Schoolmeester, Westzaan	
Binnenroede:	20,7 meter
Datum:	27 februari 2014
Fabrikant:	Beudeker
Wiekstelsysteem:	Oudhollands
Ouderdom:	1957 (57 jaar)

Terwijl de molen maalde met twee zeilen op de buitenroede brak de binnenroede. De roede bleek aan de legzijden ter hoogte van de versterking voor de roedewiggen behoorlijk te zijn gecorrodeerd hetgeen de breuk introduceerde. De wigversterking was een verdikking aan de binnenzijde en geen schot. Achter de verdikking hoopte vocht en vuil op. Van dezelfde producent werden later nog enkele roeden afgekeurd en roeden van deze producent komen nu niet meer voor.

2018 - De Groetermolen, Groet	
Buitenroede:	21,5 meter
Datum:	30 december 2018
Fabrikant:	Derckx
Wiekstelsysteem:	Fokwieken
Ouderdom:	1986 (32 jaar)

Terwijl de molen langzaam rondging zonder zeilen brak in de middag van 30 december 2018 de buitenroede. Aan deze roeden waren in 2012 tekortkomingen geconstateerd waarna deze werd gestreken en gerepareerd. Deze reparaties waren ondeugdelijk uitgevoerd wat zich als eerste bij de buitenroede uitte. De binnenroede brak niet, maar bij het strijken van beide roeden werd geconstateerd dat ook hier scheurvorming in de nieuw aangebrachte delen was waar te nemen.



Groetermolen, Groet

2020 - Goudriaanse Molen, Goudriaan	
Buitenroede:	29,15 meter
Datum:	7 juli 2020
Fabrikant:	Straathof
Wieksysteem:	Fokwieken
Ouderdom:	1985 (35 jaar)

Deze grote poldermolen stond te draaien toen plotseling de buitenroede brak. De roede was zich in goede staat en was niet op een las gesneuveld. Uit onderzoek kwam naar voren dat kerfwerking bij één van de bovenste heklatgaten de oorzaak is geweest van het ontstaan van een scheur. Deze scheurvorming, welke zich dus op ca. 3 meter van de askop ontwikkelde, is niet opgemerkt. De molen met fokken draaide daarbij veel (ca. 600.000 per jaar) waardoor vermoeiing vanuit een onregelmatig gevormd heklatgat zich kon ontwikkelen.

De Dellen, Nieuw-Scheemda	
Binnenroede:	23,0 meter
Datum:	20 september 2020
Fabrikant:	Buurma
Wieksysteem:	zelfzwiching, Oudhollandse voorzoom
Ouderdom:	1985 (35 jaar)

Op 20 september 2020 iets voor zessen in de middag brak bij zeer stabiel weer de binnenroede van molen De Dellen. De breuk bevond zich op ca. 1 meter uit de as en is ontstaan vanuit een slechte las aan de hekszijde. De roede was recent nagekeken en was zich in goede staat, viel geheel van de molen af en bleef niet hangen. Aan de buitenroeden van deze van zelfzwiching voorziene molen werden dezelfde tekortkomingen aan de lussen geconstateerd.



De Dellen, Nieuw Scheemda

2021 - Bovenmolen G, Schermerhorn	
Buitenroede:	25,3 meter
Datum:	6 juli 2021
Fabrikant:	Straathof
Wieksysteem:	Oudhollands
Ouderdom:	1995 (26 jaar)

In de loop van middag brak de buitenroede van de Bovenmolen G te Schermerhorn. Deze molen is veel draaiend te aanschouwen, jaarlijks zo'n 650.000 omwentelingen. Het is mede deze belasting geweest die, net als bij De Goudriaanse Molen, een scheur kon initiëren vanuit een onregelmatig gevormd heklatgat. Ook hier werd de roede goed onderhouden en was de doorlassing prima. Vanuit lokaal gebruik wordt het meeste zeil op de buitenroede gevoerd, ook de vorige buitenroede van deze molen was gebroken. Bij de breuk kwam de bovenas uit de pen vandaan, maar het geheel bleef evenwel hangen.

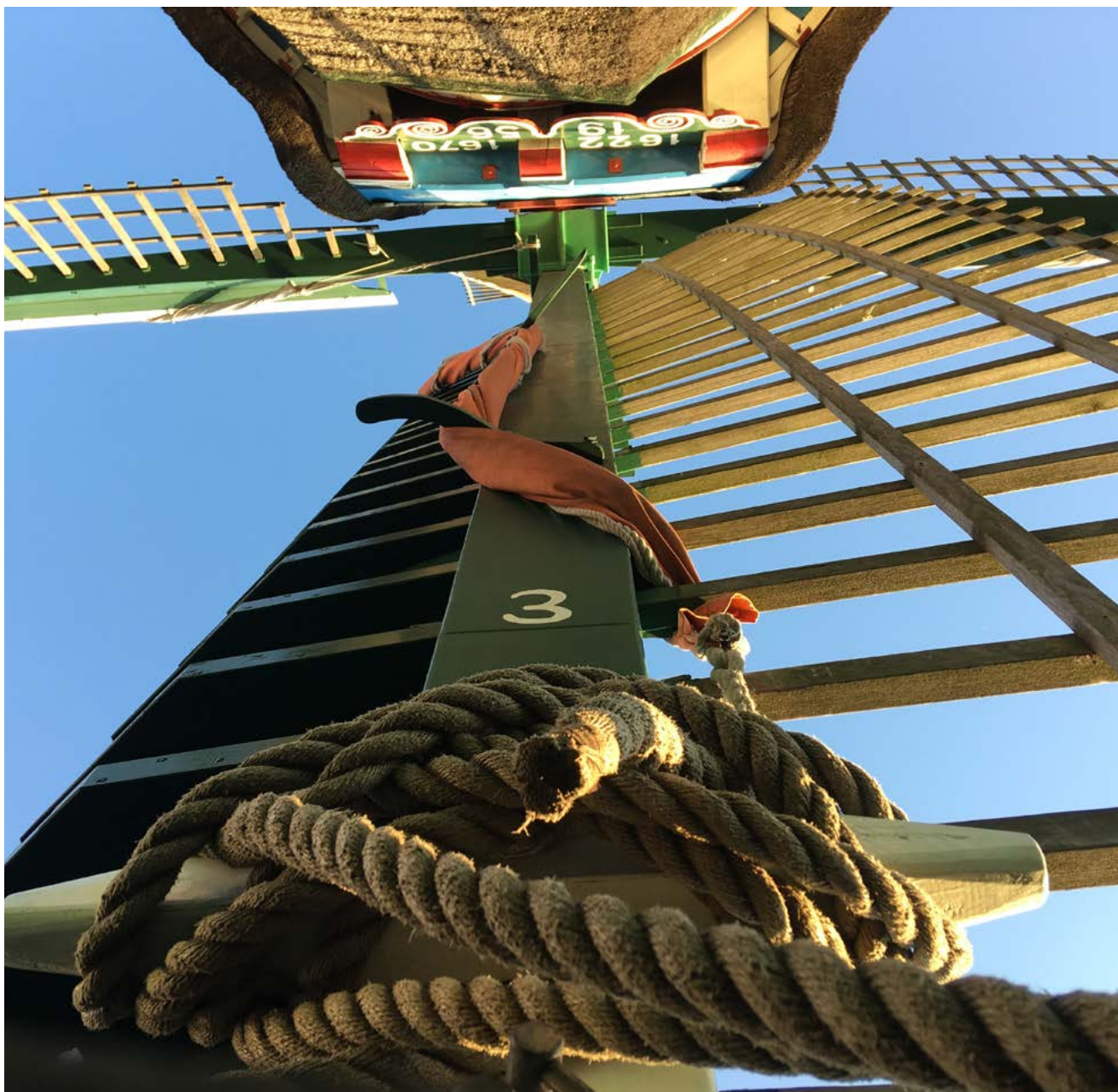


Bovenmolen G, Schermerhorn

In Nederland zijn er momenteel 1982 stalen roeden. Op het moment van schrijven zijn er in de periode vanaf 2000 679 stalen roeden vervangen. Daarvan zijn er 11 gelaste en 2 geklonken roeden vervangen als gevolg van breuk, zoals hierboven beschreven. Dat betekent dat in 666 gevallen de slechte staat van de roede op tijd is opgemerkt.

Ondanks het invoeren van gestructureerd onderhoud en inspectie in deze periode komen roedebreuken nog steeds regelmatig voor, gemiddeld één per twintig maanden. De aantallen van de vervangen roeden geven aan dat er al heel veel roeden vernieuwd zijn, maar dit heeft 13 roedebreuken niet weten te voorkomen.

Ongeveer één derde van de 1876 gelaste roeden in Nederland is gebouwd vóór invoering van de richtlijn van 1985 (de overige zijn dus geklonken). Veruit de meeste gelaste roeden worden niet ouder dan vijftig jaar. Slechts twee van de gebroken gelaste roeden vanaf 2000 waren ouder dan vijftig jaar. Hieruit blijkt dat op basis van leeftijd alleen eigenlijk geen selectie van risicoroeden kan plaatsvinden.



5. Huidige praktijk rondom molenroeden

Om inzicht te krijgen in de praktijk van de molenroeden in Nederland is in dit hoofdstuk per onderdeel uiteengezet hoe zich dat in 2022 voltrekt. De verschillende inzichten van de experts die zijn ondervraagd zijn hierin weergegeven. Op basis van deze inventarisatie worden in het aansluitende hoofdstukken aanbevelingen gedaan.

5.1 Ontwerp en bestellen

5.1.1 Maatvoering

Doorgaans geeft de molenmaker de gewenste maatvoering van de roeden door aan de roedemaker. In de praktijk wordt de middenzwaarte in de as op verschillende manieren bepaald: de maten van de te vervangen roede kunnen worden aangehouden of het formaat van het ashuis kan de maat van de nieuwe roeden bepalen. Aanvullende factoren in het ontwerp zijn de zwaarte van de tuigage en het formaat en het type molen. De maatvoering van het ashuis is van belang omdat daar het moment in de roede het grootst is. Een goed passende roede, waarbij de ruimte in het ashuis het beste benut wordt, kan zijn maximale sterkte voor die specifieke as bereiken.

Veel molens hebben relatief dikke roedewiggen of vulhouten in het ashuis. Er zijn verschillende redenen waarom dit is toegepast: de ligging van de roede ten opzichte van het hart van de as kan hiermee vermeld worden. Ook kan het ashuis te groot zijn voor het formaat molen; in het geval van een tweedehands as die van origine voor een grotere molen is gegoten. Niettemin zijn roedewiggen soms dikker dan wat voor het uitvoeren van hun functie benodigd is. Ze worden dan tevens als vulling gebruikt en extra dik gemaakt omdat bijvoorbeeld ooit sprake was van tweedehands roeden en deze maatvoering op later aangebrachte roeden is overgenomen.

Uit de praktijk blijkt dat het nooit helemaal mogelijk zal zijn om een roede te maken die vanuit constructief oogpunt ideaal is. Het bestaande ashuis is namelijk de bepalende factor; de maten liggen immers vast. Hier lopen we tegen de eerste beperking van het werken met een

monumentale molen aan. Feitelijk zou een (aanzienlijk) grotere askop vanuit constructief oogpunt nog niet zo gek zijn. Immers: hoe breder en dikker een roede kan zijn, hoe sterker deze is. Bij een dynamisch belaste constructie is een ronde kokerbalk constructief ideaal! Dat deze redenatie hout snijdt blijkt wel uit de dimensionering van de rotorbladen van windturbines. In veel opzichten kunnen we een vergelijking maken met windturbines, in feite representeert deze techniek de meest moderne doorontwikkeling van het draaiende wiekenkruis. De rotorbladen van windturbines zijn het dikst met een ronde aansluiting op de as en worden steeds lichter naar de toppen toe. Dit zorgt ervoor dat, in tegenstelling tot bij traditionele windmolens, de belastingen aan het uiteinde van het rotorblad geminimaliseerd zijn.

5.1.2 Het ontwerp en constructieve berekeningen

Tegenwoordig worden door veel roedemakers de richtlijnen voor stalen molenroeden van 1985 en 2011 als vertrekpunt genomen. De in beide richtlijnen genoemde uitgangspunten en wijze van construeren bevallen goed en hebben zich op verschillende punten, mits goed uitgevoerd, ook al ruim 35 jaar bewezen. De meeste roedemakers hebben al enkele tientallen jaren ervaring in het vak en hebben dus de introductie en het intrekken van beide richtlijnen actief meegemaakt. Op basis van deze richtlijnen en door de jarenlange opgedane praktische ervaring hebben veel roedemakers ook eigen verbeteringen ontwikkeld en doorgevoerd. Met name op het gebied van de plaatverdeling en het minimaliseren van het aantal lasnaden zijn er significante stappen gezet ten opzichte van de oude richtlijnen.

Na het intrekken van de roederichtlijn van 2011 in 2017 zijn de methoden van ontwerpen en constructief berekenen van de roeden steeds verder uit elkaar komen te liggen. De roedemakers kregen meer verantwoordelijkheid over het ontwerp, productie en constructie en hebben daarop logischerwijs geanticipeerd. Dit heeft er wel toe geleid dat er veel onderlinge verschillen zijn. Verschillen in ervaring en de achtergrond van het bedrijf spelen een grote rol.

Verschillende firma's hebben hun herkomst in het staal-constructiewerk. Andere zijn voortgekomen uit molenmakerijen. Beide hebben hun eigen interpretaties en aanpassingen doorgevoerd op de ontwerpuitgangspunten van de (ingetrokken) richtlijnen van Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed en diens voorgangers. Opvallend is dat constructief ontwerp soms op basis van berekeningen van een (externe) constructeur wordt gebaseerd, en een andere keer juist op basis van ervaring en traditie wordt ontworpen. Alle partijen geven aan dat een roede door de dynamische belasting moeilijk te berekenen is. Dit komt onder andere omdat de aannames binnen de traditionele molensector niet helder zijn. Anderzijds is men ervan overtuigd dat de huidige eisen ten aanzien van staal-constructiewerk die gehanteerd zouden kunnen worden moeilijk op molenroeden toepasbaar zijn. De roedeconstructie heeft zich echter wel al heel vaak bewezen. Bij roeden die vervangen worden en bijvoorbeeld 50 jaar met succes in de molen hebben gezeten, worden ook tekortkomingen geconstateerd.

Niet doorgelaste stuiknaden en heklatgaten met scherpe hoeken zijn bij oudere roeden meer regel dan uitzondering. Toch heeft dat verhoudingsgewijs in weinig gevallen tot breuk of scheurvorming geleid.

Ontwerpen verschillen ook ten aanzien van de plaatsing van de (stuik)lassen. Sommige roedemakers geven aan dat ze streven naar een zo perfect mogelijke verdeling van de lassen om het eigen gewicht van de roede te minimaliseren. Het gewicht is namelijk van grote invloed op de levensduur. Ten tweede leidt het goed verdelen van platen en lassen leidt ertoe dat de spanningen overal goed verdeeld zijn. Door zo te ontwerpen wordt de kans op vermoeiing aanzienlijk verminderd. Er is dan geen sprake van een spanningsconcentratie maar een vloeiende verdeling van de spanningen. Tot slot wordt soms ook het aantal lassen geminimaliseerd. Een las geeft altijd een verandering in het spanningsverloop en sommige roedemakers geven daarom de voorkeur aan zo min mogelijk lassen.

Geklonken roeden

Een geklonken roede moet anders bekeken worden dan een gelaste roede. Het is een totaal andere constructie. In plaats van een gelaste kokerbalk is een geklonken roede een geklonken samenstelling van verschillende materialen en onderdelen. Deze onderdelen verschillen onderling in dikte, bevestigingswijze en afmetingen. Deze complexiteit maakt het ingewikkeld om sterkteberekeningen uit te voeren op geklonken molenroeden. Zwakke plekken in oude geklonken roeden zijn vooral de overgang van platen naar hoeklijnen. Zeker op de plaats waar uitvullingen op de overgangen zijn aangebracht (deze zorgen ervoor dat de platen aan de buitenzijde gelijk liggen) kan zich een opeenhoping van roest voordoen. Een gerestaureerde geklonken roede is niet als een nieuwe roede. Hij is gerestaureerd, er zit nog oud materiaal in en zal een 'oldtimer' met bijpassend gebruiksregime blijven.

In het molenveld beroept men zich nu wat betreft geklonken roeden vooral op de ervaringen uit de afgelopen 140 jaar. Niet zelden werd een oude geklonken roede meer dan 100 jaar. Nieuw gemaakte geklonken roeden zijn een moderne herinterpretatie van oude geklonken roeden, met een verbeterde constructie- en

productiewijze. Er wordt gesteld dat door deze verbeterde reconstructie van een beproefde techniek eenzelfde of een langere levensduur verwacht kan worden. Dit laatste moet nog blijken, omdat vooral het gebruiksregime ten opzichte van 100 jaar geleden sterk is gewijzigd. Het is niet ondenkbaar dat er in de loop van de tijd zaken aan het licht zullen komen die anders blijken te zijn dan bij de oorspronkelijke geklonken roeden het geval waren.

Als een geklonken roede in de loop van de tijd gebreken begint te vertonen, kan deze het toch nog lang volhouden. Een gelaste roede is dan in het nadeel omdat dat één geheel is. Als er in een gelaste roede om welke reden dan ook een scheur ontstaat, dan zet deze scheur hoogstwaarschijnlijk door totdat de scheur geconstateerd wordt of, erger, de roede daadwerkelijk breekt. Bij een vergelijkbaar probleem in een geklonken roede zal de scheur zich niet doorzetten in een andere plaat of hoeklijn. De spanningen zullen nu via andere platen, hoeklijnen en andere constructieonderdelen moeten verlopen, maar de roede zal minder snel breken door deze scheur. Bij het strijken van een geklonken roede zijn er doorgaans vele tekortkomingen waarneembaar zonder dat die tot breuk hebben geleid.

Nu is de situatie zo dat als voor dezelfde molen bij verschillende roedemakers een roede besteld wordt, dat deze bij elke producent anders is. Deze verschillen zijn zodanig dat de theoretische levensduur ook uiteen zal lopen. Van standaardisatie is op dit moment geen sprake meer, noch van het delen van kennis en ervaring.

5.1.3 Plaatdikte

Het ontwerp van de verdeling van de plaatdikte is essentieel voor de constructieve sterkte van de roede. Het verloop van de plaatdiktes is een balans tussen sterkte en gewicht. Enerzijds is het juist de aanwezigheid van materiaal dat bijdraagt aan de sterkte van de roede. Anderzijds draagt juist minder materiaal bij aan een lager eigen gewicht. De constructieve sterkte van een roede wordt voor het grootste deel bepaald door het eigen gewicht. De telkens wisselende belasting tijdens het draaien wordt steeds groter des te hoger het eigen gewicht aan de uiteinden is.

Toch lijkt een foutief aangebracht plaatschema zelden de oorzaak van breuk of ernstige tekortkomingen aan roeden. Bij de eerste richtlijn uit 1985 zijn parameters als lengte en middenzwaarte bepaald aan de hand van constructieve berekeningen. Deze wijze van dimensionering heeft zich intussen goed bewezen. Breuken hebben voornamelijk een aanwijsbare oorzaak en zijn niet het gevolg van een fout plaatschema dat voortkomt uit de ingetrokken richtlijn.

De verschillen tussen nieuwe roeden begonnen zich af te tekenen bij de doorontwikkeling die bij de meeste producenten heeft plaatsgevonden na het intrekken van de richtlijnen. Doordat roedemakers een grotere verantwoordelijkheid kregen, hebben velen hun productiemethode, ontwerp en berekenmethode tegen het licht gehouden. Dit heeft in de loop der jaren tot aanpassingen geleid. Iedere roedemaker hanteert nu zijn eigen methode voor het bepalen van plaatdikten en plaatlengten. Uit een rondgang blijkt dat de één op praktische ervaringen bouwt, de ander nog vanuit de (ingetrokken) richtlijn werkt en een volgende er zelf een rekenmethode voor heeft ontwikkeld. Wat geldt voor alle roedemakers is dat er verbeteringen doorgevoerd zijn ten opzichte van de oude richtlijnen: er heeft een flinke kennisontwikkeling plaatsgevonden. Echter het feit dat alle roedemakers onafhankelijk van elkaar te werk zijn gegaan om 'de beste roede' voor een specifieke molen te ontwerpen, is binnen dezelfde kleine sector wel bijzonder.

5.1.4 Locatie van de molen

Door sommige molenadviseurs en roedemakers wordt bij het ontwerp rekening gehouden met de geografische locatie van de molen in Nederland. Hierbinnen vallen twee aspecten op.

Behandeling

In de richtlijn 2011 is opgenomen dat roeden binnen 15 km vanaf de kust moeten worden voorzien van een zinklaag. Dit in verband met zoutaanslag en de bijbehorende aantasting van het staal. Wordt het staal door corrosie aangetast dan neemt de constructieve sterkte van de roede af. De zinklaag sluit het staal af en kan het, theoretisch gezien, zeer lang beschermen. Hierbij zijn aspecten als constructieve slijtage en beschadigingen van de zinklaag nadrukkelijk buiten beschouwing gelaten. Vanuit de richtlijn 2011 zou het overige deel van het land kunnen volstaan met een roede vervaardigd uit weervast staal. Deze staalsoort heeft iets andere eigenschappen dan regulier constructiestaal, maar is wel duurzamer en beter bestand tegen corrosie. Deze opvattingen worden zeer verschillend geïnterpreteerd door het molenveld. De één geeft aan dat verzinken een vereiste is om garant te kunnen staan voor de kwaliteit van het product. Anderen werken de roede veel liever af met een reguliere primer of wax-product.

Windbelasting

Een ander aspect waarmee rekening wordt gehouden is de belasting van het wiekenkruis. Een molen dicht bij de kust krijgt meer wind te verduren dan eenzelfde formaat molen in het binnenland. Het uitgangspunt is dan niet het ontwerpen van de sterkst mogelijke roede, maar men kijkt naar de ligging en past zo nodig het ontwerp aan, aan de te verwachten windbelasting. Soms wordt ook de weerstand die het gaande werk van de betreffende molen biedt als belastingsfactor geïntroduceerd. Aantekening hierbij is dat het verkleinen van de plaatdiktes ook leidt tot een lager eigen gewicht van de roede. Deze is daardoor aan minder constructieve slijtage onderhevig dan zijn collega aan de kust.

Anderen roedemakers geven desgevraagd aan dat het niet uitmaakt waar de molen staat. De roeden worden het zwaarst belast door het draaien. We mogen ervan uitgaan dat bij windtoename er ongeveer op hetzelfde moment wordt gezwich. De draaisnelheid en het windoppervlak worden dus door de molenaar bepaald. De locatie van de molen, dichtbij of ver van de kust, zal dus niet uitmaken.

Roedelengte, tuigage en de daarmee samenhangende capaciteit stellen de molen daarentegen wel in staat om meer vermogen te genereren.

5.2 Fabricage

5.2.1 Plaatmateriaal

Voor het maken van roeden worden er verschillende staalsoorten gebruikt, waaronder S235 (constructiestaal) en S355 (S355J2W, weervast staal). Toen de richtlijn van 2011 van kracht werd is weervast staal meer in zwang geraakt. De ervaringen hiermee zijn positief. Het materiaal is in verband met het onderhoud van de roede een logische keuze. Echter, dit materiaal heeft ook minder goede eigenschappen om toegepast te worden als constructiestaal. Weervast staal is een legering bestaande uit ijzer waar koper, fosfor, silicium, nikkel en chroom aan zijn toegevoegd. Een enkele roedemaker geeft aan dat dit staal stugger is en dat het daarom wellicht voor roedenstaal minder geschikt is. Mogelijk treedt dan eerder vermoeiing op. Andere ondervraagden zijn het daar niet mee eens. Roedemakers staan lang niet altijd achter de keuze van de opdrachtgever die zich veelal laat vertegenwoordigen door de molenadviseur c.q. molenmaker. Molenadviseurs geven bijvoorbeeld de gewenste plaatdiktes aan, zonder dat met een berekening te onderbouwen.

De behandeling van het plaatmateriaal verschilt ook per gebruikte staalsoort. Bij weervast staal schermt de roestkleurige oxidehuid het dieperliggende materiaal af waardoor de degeneratie van het materiaal wordt vertraagd. Dit betekent niet dat onder alle omstandigheden deze staalsoort onbehandeld toegepast kan worden. Daar waar het materiaal bijvoorbeeld lang nat blijft of dichterbij dan 15 km vanaf de kust wordt toegepast is het essentieel het materiaal alsnog goed te behandelen. Hier zijn verschillende methoden mogelijk. Een verfsysteem met aan de binnenzijde een tectyllaag maakt dat de roede na verloop van tijd zal gaan corroderen. Indien een kostbare poedercoating is aangebracht is het bijwerken van beschadigen belangrijk, hetgeen ook niet altijd tijdig mogelijk is als de roede is opgenomen in het reguliere schilderwerk. Over het punt van toe te passen materialen en de behandeling daarvan is veel verdeeldheid. Soms wordt er namelijk beslist géén weervast staal toegepast met het oog op de genoemde mindere

materiaaleigenschappen. Als een staalconstructie buiten wordt toegepast en deze niet mag corroderen, dan moet de behandeling van het materiaal daarop gericht zijn. Oxidatie neemt iets van het materiaal weg, en hoewel dat heel beperkt is, is de roede op de oorspronkelijke materiaalsamenstelling en afmeting gedimensioneerd. Sommige roedemakers willen alleen garant staan voor de roedeconstructie als deze thermisch verzinkt is. Er zijn momenteel meer roeden van constructiestaal dan van weervast staal. Er is dus meer ervaring met constructiestaal als materiaal. Desalniettemin zijn de oudste roeden van weervast staal inmiddels ruim 30 jaar oud en draaien deze in een molen met zelfzwichting in een kustregio. Ook wordt weervast staal al veel langer voor andere constructieve bouwwerken gebruikt. Het is niet duidelijk geworden of het toepassen van andere staalsoort(en) geleid heeft tot het op een andere manier interpreteren van de ingetrokken richtlijn. Die richtlijnen van de RCE zijn voor de meeste roedemakers nog altijd het uitgangspunt.

5.2.2 Wigschotten

De wigschotten zijn de versterkingsschotten ter hoogte van de askop aan de binnenzijde van de roede. Deze dienen om de zijwaartse druk die ontstaat door het aanslaan van de roedewiggen op te vangen zodat de roede niet vervormt. Tevens voorkomen ze het keren van die zijwaartse druk, zodat er geen extra spanningen in het materiaal ontstaan. Veel roedemakers lassen de wigschotten vast, anderen gebruiken bevestigingsmaterialen, vaak bouten. In de richtlijn van 1985 worden bouten voorgeschreven. Tegenwoordig komen dus zowel bout- als lasverbindingen voor.

De motivatie bij de gebruikers van een boutbevestiging is dat er dan op deze cruciale plek in de roedeconstructie door laswerkzaamheden een verandering in de eigenschappen van het oorspronkelijke materiaal kan plaatsvinden. Ter hoogte van de as komen de dynamische spanningen, zijwaartse druk en een vochtig klimaat samen. De hitte van het lasproces kan ongewenste spanningen in het materiaal brengen, daarom kiest men dus voor een boutverbinding. In de regel is een materiaal met zo min mogelijk verstoringen (openingen, verbindingen, e.d.) het meest betrouwbaar qua constructie.

Bij sommige oudere roeden komt het voor dat er in de platen ter hoogte van het wigschot en evenwijdig daaraan sleufgaten zijn aangebracht. Deze sleufgaten zitten in de



Wigschotten in nieuwe gelaste roede

dikste plaat en op de dwarsrichting van de roede. Door deze sleufgaten vol te lassen is het wigshot in de roede verankerd.

Wat opvalt is dat er verschillend wordt gedacht over de positie van de schotten ten opzichte van de randen van het ashuis. Soms liggen deze gelijk met de rand van het ashuis, soms zijn deze 5 cm naar binnen geplaatst. Na 5 cm eindigt de wigschuimte in het ashuis, daar zijn dan de spanningen het grootst.

5.2.3 Het lassen

Grofweg zijn er twee lasmethoden in gebruik voor het lassen van molenroeden. Een las kan vanaf één zijde gelegd zijn (V-las) of vanaf beide zijden (X-las). Beide lasmethoden hebben voor- en nadelen.

Een voordeel van de V-las is onder andere dat een roede in zijn geheel in elkaar gehecht kan worden en daarna gelast. Hechtlassen worden dan wel uitgeslepen om geen verstoring in de las te krijgen. Er zijn meerdere lagen nodig om de las tot op de gehele plaatdikte op te vullen. De lasnaad zelf is dus groter, wat volgens kenners kan leiden tot éénzijdige laskrimp. Er is dan meer inspanning nodig om de aanliggende platen vlak en spanningsloos



Onvolledige las (binnenzijde)

te houden. Als gevolg hiervan zou dit tot hogere aanbouwspanningen in de constructie kunnen leiden. Dat kan op de langere termijn nadelig zijn bij een constructie die steeds wisselend op trek en druk belast wordt zoals bij molenroeden.

Bij de X-las zijn de lassen kleiner in afmeting, maar de 4 zijden van de roeden dienen vooraf met de stuiknaden aaneen gelast te worden. Doordat deze methode de las van beide zijden dichtlast (tegenlassen), kunnen in theorie onregelmatigheden in het midden van de las ontstaan. Deze laag in het hart van de plaat is het gevoeligst voor lasdefecten die niet altijd allemaal kunnen worden opgespoord. Wanneer die defecten volledig ingesloten zijn in het hart van de plaat, zijn deze minder kritiek. Indien de stuiklassen gereed zijn, kunnen de vier stroken, soms tot bijna 30 meter lang, tot de roede worden samengesteld. Er is bij deze laswijze wel sprake van meer laskanten (hechtvlakken). De voorbereiding is dus intensiever maar vraagt daarentegen minder lasinhoud. Ook is de laskrimp gunstiger ten opzichte van een eenzijdige V-las. De grondlaag in het midden van de las zal voor het leggen van de tegenlas moeten worden uitgeslepen (of gegutst) om deze schoon te maken van slak en dergelijke.

Bij veel oudere roeden is eveneens vaak eenzijdig gelast. Deze lassen zijn veelal niet over de gehele materiaaldikte gelast, een onvolledige V-las. De hechtvlakken zijn vaak niet groter dan de helft van de plaatdikte. Plaatselijk verjongt het materiaal aanzienlijk, ontstaat (spleet)corrosie, spanningsconcentratie en ligt vermoeiing op de loer. De materiaaldoorsnede direct naast de las wordt dan de zwakste schakel. Belangrijk is te beseffen dat daar waar de las onvolledig is, niet altijd het grootste moment in de constructie hoeft te zitten.

Het lassen van de hoeken gebeurt bij alle roedemakers, nu en in het verleden, van buitenaf. Deze lasnaad, die vier keer over de volle lengte van de roede wordt aangebracht, krijgt het in de praktijk minder zwaar te verduren. Een enkele keer komt daar scheurvorming voor, maar dat is zelden een reden tot afkeuring omdat er dan vaak andere gebreken doorslaggevend zijn.

Het laswerk dat wordt toegepast op molenroeden voldoet altijd aan NEN-certificering. De mensen en het gebruikte gereedschap worden gekeurd en gecertificeerd. Voor het lassen is men bekend met de chemische samenstelling van het materiaal. Het lassen gebeurt onder goede en controleerbare omstandigheden. Het keuren van de lassen door middel van niet-destructief onderzoek met behulp van bijvoorbeeld ToFD (Time-of-Flight Diffraction) of ultrasoon voordat de roeden de fabriek verlaten, komt meestal alleen op verzoek voor. Dit is in de meeste gevallen geen standaard handeling, maar wordt wel af en toe gevraagd door een adviseur, gemeente (i.v.m. de omgevingsvergunning) of opdrachtgever. Nieuwe lassen worden maar weinig gekeurd door een onafhankelijke partij die bekend is met de gestelde eisen.

Vlakslijpen van lassen

Uit de raadpleging van de betrokken roedemakers is gebleken dat er wisselend wordt gedacht over het naderhand vlakslijpen van de stuiklassen. Bij een enkeling worden deze iets gevlacht, maar blijven als bolling wel zichtbaar. Een las, goed of slecht uitgevoerd, is een onderbreking in materiaalsamenstelling en heeft invloed op het krachtenverloop in de constructie. Op de overgang van een dikkere naar een dunnere plaat bevindt zich een stuiklas. Als deze aan de buitenzijde geheel vlak en aan de binnenzijde gelijkmatig wordt weggeslepen met het verloop van de plaatdikte, is de verwachting dat het krachtenverloop gelijkmatig door de constructie zal lopen.

Gebogen lasnaden/schuin diagonale lassen

Enkele roedemakers uit de jaren 60 en 70 (20e eeuw) maakten stuiklasnaden op een andere wijze dan nu gebruikelijk is. Zij maakten een gebogen lasnaad met een radius van ca. 50 cm. De lengte van de las en daarmee de verbinding tussen de platen werd daarmee aanzienlijk vergroot.

Tegenwoordig worden de lassen meestal haaks op de lengterichting van de roeden aangebracht. Het is nog



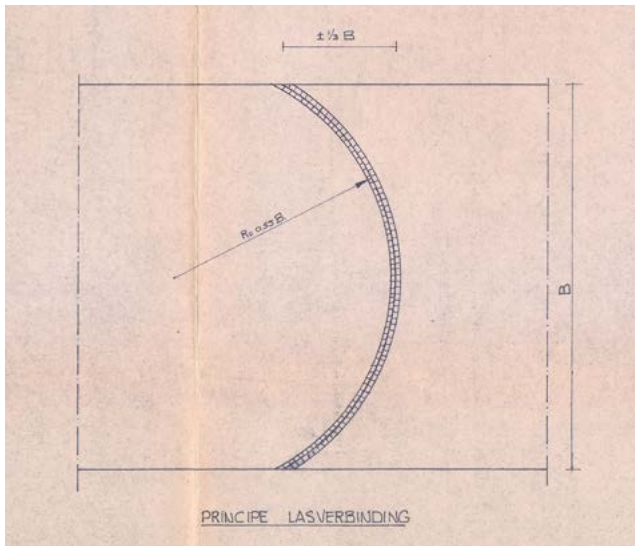
Laswerk aan nieuwe roede

Dit was in de ingetrokken richtlijn van 1985 goed in woord en beeld weergegeven. Mocht er een tekortkoming aan de lasverbinding zijn (een ingesloten luchtbel, slak, vervuiling, enz.) dan is dat punt de plaats met het minste constructieve materiaal. Slijpt men zo'n las niet vlak, dan is het krachtenverloop weliswaar verstoord en anders dan hiervoor beschreven, doch is er wel op die plaats meer materiaal dat spanningen kan opvangen. In de richtlijn 1985 spreekt men de voorkeur uit voor het vlakslijpen van de stuiklas.

Zichtbaarheid van lassen

Gezien het constateren van tekortkomingen aan lassen, wordt het de laatste jaren in het molenveld steeds vaker wenselijk of zelfs noodzakelijk geacht dat een las goed zichtbaar is. Zo kan iedereen de las eenvoudig terugvinden en inspecteren. Een las is goed op te sporen, zeker wanneer gebruik wordt gemaakt van een plaatdiktemeter. Zichtbare lasrupsen geven een wat industrieel beeld dat wellicht vanuit de monumentale waarde van de molen niet gewenst is. Een vlakgeslepen las maakt dat de roede fraaier is afgewerkt en sommige roedemakers hanteren daarom deze methode. Bij een verzinkte roede waarbij de lassen zijn vlakgeslepen, is de las door de verandering van dikte

maar een beperkt aantal roeden dat deze afwijkende gebogen lassen heeft. Theoretisch zal de plek waar de te verbinden delen samenkomen sterker zijn als daar meer hechtvlak aanwezig is. In hoeverre de voordelen van de gebogen lasnaden opwegen tegen de kwaliteit van de moderne haaks aangebrachte lassen en controleerbare omstandigheden, is nog de vraag.



Gescheurd heklatgat met kerfwerking

in de zinklaag ter plaatse van de las, alsnog goed zichtbaar. De meeste roedemakers zien geen meerwaarde vanuit het wel of niet vlaklijpen van de lassen. Bij de meeste is het een meer esthetische dan een constructieve overweging.

Lassen in de voorplaat

Opvallend veel tekortkomingen worden teruggezien in de voorplaat. Deze plaat is goed zichtbaar waardoor deze het gemakkelijkst te inspecteren is, ook door molenaars. Indien er bijvoorbeeld een scheur in een zijplaat ontstaat is de kans groot dat deze zich via de voorplaat voortzet.

Doordat het wiekenkruis enigszins achterover ligt door de hellende positie van de bovenas zit er meer trekkracht in de voorplaat. Daarbij creëert ook de winddruk extra trekkracht. Hoewel de spanningswisselingen als gevolg van het draaien maatgevend zijn, is het laswerk aan die plaat vaak ondermaats uitgevoerd. Voor veel roedemakers is de voorplaat de sluitplaat. Deze is daardoor veelal alleen vanaf de buitenzijde (onvolledig) gelast en afgewerkt. Als er tekortkomingen aan laswerk worden geconstateerd is dit vaak in de voorplaat. Een combinatie van meer trekkracht en slecht laswerk is wellicht de reden dat gebreken en scheurvorming zich veelal in de voorplaat manifesteren.

Verdeling stuiklasnaden

In het molenveld wordt er zeer verschillend gedacht over het ontwerp van het plaatschema en dus de plaatsing op de roede van de stuiklasnaden. Met name bij oudere roeden komt het voor dat de stuiknaden flink verspringen ten opzichte van de aansluitende (zij)plaat. Daardoor bevinden de koppelingen van de platen zich verder van elkaar dan wat door de ingetrokken richtlijnen wordt

voorgeschreven. Destijds is gedefinieerd dat de stuiknaden tenminste 100 mm met elkaar moeten verspringen. Bij de nu nieuw gemaakte roeden zien we dat deze definitie vaak wordt aangehouden en dat er niet wordt gekozen de koppelingen verder uit elkaar te plaatsen. De naden bevinden zich dan op min of meer dezelfde hoogte en worden niet gelijkmatiger over de lengte van de roede verdeeld. De overgang van platen en lasnaden is dan aan vier zijden binnen een gebied van 100 mm gerealiseerd. De zijplaten verspringen bij sommige fabrikanten gelijk zodat deze ook mooi tussen heklatten inpassen.

Theoretisch gezien brengt een goed aangebrachte las geen verandering in het krachtenverloop teweeg. In theorie hoeven de lasnaden dan helemaal niet te verspringen. Er kunnen echter wel vraagtekens worden gezet bij de wijze waarop de lassen nu over de lengte van de roede worden verdeeld. Er wordt ook gesuggereerd dat een gelijkmatigere verdeling, dus met grotere afstanden tussen de stuiklassen onderling, tot een sterker verband leidt. Er zijn ook roedemakers die in de ontwerpfase proberen de naden verder uit elkaar te verdelen of deze in elk geval proberen weg te laten daar waar het moment het grootst is.

5.2.4 Heklatgaten

De heklatgaten blijken een grote rol te spelen als het gaat om de constructieve sterkte van een stalen roede. Rondom zo'n gat vindt een spanningsconcentratie plaats doordat het materiaal wordt onderbroken door het rechthoekige gat. De spanning loopt daar vanzelfsprekend om het gat heen waardoor een zwakkere doorsnede ontstaat. Twee recente roedebreuken, van de buitenroede van de Goudriaanse Molen (7 juli 2020) en breuk van de buitenroede van de Bovenmolen G te Schermerhorn (6 juli 2021), vinden hun oorsprong in een onregelmatig gevormd heklatgat. Vóór deze twee breuken was een breuk die ontstaat vanuit een heklatgat in de afgelopen decennia niet vertoond. Dit is daardoor een relatief nieuw ontdekte oorzaak van roedebreuk.

Extern onderzoek heeft uitgewezen dat bij beide breuken de scheur vanuit het heklatgat is geïnitieerd door spanningsconcentratie bij het onregelmatig gevormde gat dat vermoeiing veroorzaakte. Bij de heklatgaten het dichtst bij de as vindt het grootste krachtenverloop plaats. Door de afname van de plaatdikte naar de uiteinden van de roede moet ook daar de detaillering van heklatgat kloppen om te voorkomen dat hier vermoeiing en kerfwerking kan leiden tot breuk.

Vanaf de jaren '60 (20e eeuw) heeft men vaker zwaarder gedimensioneerde heklatten toegepast. Wanneer men bijvoorbeeld kijkt naar gat-afmetingen in houten roeden of nauwkeurig fotomateriaal bekijkt, is de lat-afmeting soms lichter. Zwaardere heklatten brengen niet alleen extra eigen gewicht aan het wiekenkruis, maar maken ook grotere heklatgaten nodig. Bovendien biedt de doorbuiging van lichtere heklatten een zekere bescherming tegen overbelasting. Bij verschillende incidenten waarbij een molen op drift raakte, heeft het bezwijken van het hekwerk bijgedragen aan het weer onder controle krijgen van de situatie.

Plaatsing heklatgat

Doordat de roede een rechthoekige kokerbalk is, vindt het meeste krachtverloop plaats in de hoeken. Tijdens het draaien is de roede een dynamisch-variabel belaste constructie waardoor de voor- en achterzijde en de beide zijplaten steeds wisselend worden belast. Aan de flanken, telkens samenkomend in de hoeken, worden de meeste spanningen opvangen.

Een praktijkvoorbeeld waaruit dit blijkt was te zien bij de deelbare roeden, die op verschillende molens toegepast zijn geweest. Hier bleek namelijk dat met name de bouten in de hoeken bezweken. Heklatgaten in een geklonken roede zijn iets anders in de roede geplaatst omdat de hoeken hier zijn voorzien van hoeklijnen. Bij die roeden bevindt zich meer materiaal in de hoek en zijn de platen dunner vormgegeven. De constructie als geheel wordt echter wel zwaarder. Om de hoeklijnen zoveel als mogelijk vrij te houden van onderbrekingen, werden destijds bij geklonken roeden de heklatgaten verder uit de hoeken gehouden. Die afstand was groter dan wat er vanaf 1985 gebruikelijk werd na het invoeren van de eerste richtlijn. In deze richtlijn is een afstand tot de voorplaat van 20 mm voorgeschreven. Bij een geklonken roede waarbij het gat verder uit de hoeken is gehouden, bedraagt dit wel 60 mm of meer. Als zich bij een heklatgat dat zich op 20 mm van de voorplaat bevindt een onregelmatigheid voordoet, kan dit in die 20 mm plaatmateriaal tot grote spanningsconcentraties leiden. Spanningsconcentraties waarbij scheurvorming en uiteindelijk breuk niet zijn uitgesloten.

Wijze van aanbrengen heklatgat

Ook de wijze van het aanbrengen van het heklatgat is van belang. Het is gebleken dat verschillende producenten een eigen methode hebben ontwikkeld om heklatgaten aan te brengen. Aanvankelijk was het lang gebruikelijk om bij de

bepaling van de heklatgaten geen rekening te houden met de in de roede aanwezige lassen van de stuiknaden. De roede werd eerst samengesteld waarna later de heklatgaten werden gemaakt. Niet zelden werd daarbij een las van een stuiknaad onderbroken omdat een gat precies in de las uitkwam. Op die punten komen in feite twee ongunstige factoren samen. Ten eerste is er een las in het materiaal aangebracht die kan leiden tot een ander spanningsverloop. Ten tweede worden de spanningen nog eens vergroot omdat de las voor circa 5 cm wordt onderbroken.

Deze methode komt bij de huidige producenten niet meer voor, maar is nog aanwezig in veel oude roeden. In de richtlijn van 1985 was aangegeven dat de stuiknaadlas zich minimaal op 50 mm afstand moet bevinden van een heklatgat. Tegenwoordig is men in staat om de roeden vooraf zodanig vorm te geven en uit te tekenen dat de lassen tussen de heklatgaten worden gepland. Daarin is reeds een verbetering doorgevoerd met betrekking tot het vooraf zorgvuldiger vormgeven en modelleren.

Vorm van het heklatgat

Scherpe hoeken zorgen voor spanningsconcentraties en om deze spanningen beter te geleiden moeten de hoeken van de heklatgaten afgerond zijn. Op de plaats waar zich spanningsconcentraties kunnen ontwikkelen ontstaat op den duur vermoeiing en kan een scheur initiëren. Idealiter zouden de roeden dan ook vrij moeten blijven van heklatgaten. Of anders, theoretisch beredeneerd, over ronde of ovale heklatgaten moeten beschikken. Hetzelfde principe was ook aan de orde bij het eerste passagiersvliegtuig met straalmotoren: de De Havilland DH 106 Comet. Deze vliegtuigrompen (vergelijk het met een kokerbalk!) waren voor het eerst voorzien van een serie rechthoekige raampjes. Na een serie ongelukken in de jaren '50 wees onderzoek uit dat vermoeiing de rompen deed scheuren. Deze scheuren werden veroorzaakt doordat er vanuit de rechthoekige ramen spanningsconcentraties ontstonden. Alle latere vliegtuigen zijn daarna ook met ronde of ovale vensters uitgerust zoals heden ten dage nog gebruikelijk is.

Tekortkomingen rondom een heklatgat zullen zich pas openbaren nadat de roede al jaren in gebruik is. In de richtlijn 1985 werd hiervoor al een radius van 6 mm (dus boor van 12 mm) aangehouden. In de praktijk blijkt dat veel heklatgaten in roeden van na 1985 evengoed niet voorzien zijn van die radius. Ook komt het voor dat men bij het maken van het heklatgat is doorgeschooten met de slijptol. Een begin van een



Onregelmatig gevormd heklatgat



Heklatgat met goede radius

zaagsnede is dan zichtbaar. Het is voor te stellen dat wanneer zoiets zich voordoet bij heklatgaten rondom de bovenas, daar eenvoudiger een scheur kan ontstaan.

De technieken om de daadwerkelijke gaten te maken zijn verschillend. De ene producent is in staat zijn platen (extern) te prefabriceren waardoor de platen geheel op maat én voorzien van gaten bij de roedemaker aankomen als bouw pakket. De roede kan worden samengesteld en is dan voor wat betreft het constructiewerk klaar. Het voordeel van het vooraf aanbrengen van de heklatgaten in de platen is dat er meerdere technieken beschikbaar zijn om deze gaten heel precies te maken. Bijvoorbeeld ponstechnieken of lasermethodes worden toegepast. De plaat komt daarbij niet of veel minder met hitte in aanraking waardoor de materiaaleigenschappen van het staal ook niet zullen wijzigen. Bovendien is het heklatgat nauwkeuriger en preciezer te maken dan wanneer deze later 'uit de hand' wordt aangebracht.

In de situatie waarbij de roede reeds is samengesteld en de gaten naderhand worden gevormd, boort men vooraf eerst de vier hoekgaten van het te vormen gat. Het tussenliggende materiaal wordt daarna door bijvoorbeeld een snijbrander verwijderd. Voordeel van boren en snijden is dat dit wel onder de hoek kan plaatsvinden

waarin de heklat in de roede wordt geplaatst. De schuingeplaatste heklat ligt dus op tegen de vlakke zijde van het materiaal en het hout wordt daar minder intensief in elkaar gedrukt. Ook hekwiggen hebben in de schuin aangebrachte heklatgaten een beter draagvermogen. Bij deze methode van aanbrengen van hekgaten kunnen met name bij het verwijderen van het tussenliggende materiaal sneller onregelmatigheden ontstaan. Het gebruik van de snijbrander (al dan niet geplaatst op een ondersteuning) is handwerk waardoor op deze plaats een onregelmatig vlak ontstaat. De zijdes van de uitgebrande sparing worden vaak door middel van slijpen vlakker gemaakt.

Bij verschillende onderzochte roeden is gebleken dat de geboorde gaten en de manier waarop het tussenliggende materiaal is verwijderd niet altijd aan de destijds geldende richtlijn is voldaan. Verschillende keren is geconstateerd dat de diameter van de boor waarmee de hoekgaten zijn aangebracht te klein is geweest. De radius die de hoek van het gat dan heeft is te klein. Andere keren was er helemaal geen sprake van een radius in de hoeken.

Het komt ook voor dat het tussenliggende materiaal vanaf het middelpunt van het heklatgat is verwijderd. Het rechthoekige gat heeft dan in de hoeken uitstulpingen. Uit onderzoek is gebleken dat deze uitstulpingen ook tot een spanningsconcentratie leiden.

5.2.5 Overige sparingen

Spoorhouten

In delen van Zuid-Holland is het gebruikelijk zogenaamde spoorhouten toe te passen. Dit zijn heklatten aan de onderste helft van de enden ter bevestiging van het voorhek (windborden, voorzoom en toebehoren). Grote klufte zoals in andere regio's toegepast, zijn dan niet noodzakelijk. Voor de spoorhouten zijn echter wel extra heklatgaten benodigd. Maar omdat deze heklatgaten alleen aan de uiterste helft van het end aanwezig zijn, zullen hier problemen als spanningsconcentraties niet plaatsvinden. Daarbij bevinden deze gaten zich tussen twee hekgaten van het achterhekwerk (zeilzijde). De zone waarin het gat zich dan bevindt wordt door de aanwezigheid van de gaten voor spoorhouten niet verzwakt.

Ontwateringsgaten

Vanuit de ingetrokken richtlijnen werd voorgeschreven dat er in de hoekaansluiting van de achterplaat op de zijplaten rondom de askop ontwateringsgaten (lekgaatjes) gemaakt moesten worden. De liggende roede kan dan wanneer de molen stilstaat het hemelwater kwijt. Door de schuine ligging van de bovenas zijn deze alleen in de achterhoeken aangebracht. Twee aan elke zijde, dus vier per roede.

De meeste roedemakers zijn positief over deze ontwateringsgaten en zien de voordelen van zo'n voorziening. Sommige laten deze zelfs aanbrengen als deze niet aanwezig zijn. Echter is gebleken dat de plaats van zo'n gaatje goed bekeken moet worden. Zo is bekend dat deze wel eens ter hoogte van een stuiklas zijn aangebracht. Ook zijn er roedemakers die aangeven dat het leveren van goed laswerk niet verenigbaar is met het aanbrengen van een gat in diezelfde las.

Gaten voor zelfzwichting of zeilophanging (en extra hekgaten bij fokwieken)

Afhankelijk van het wieksysteem horen er nog meer zaken thuis op een molenroede. De zeilkickers en zeilogen zijn slechts enkele onderdelen die we bij het oudhollandse tuig aantreffen. Andere wieksystemen brengen nog veel meer voorzieningen met zich mee. Het is vooralsnog niet gebleken dat voorzieningen en openingen voor dergelijke zaken bepalend zijn geweest bij het constateren van constructieve gebreken. De daarvoor benodigde gaten in de roeden zijn geboorde ronde openingen waarlangs spanningen eenvoudig vloeien. Spanningsconcentraties die metaalvermoeiing zouden initiëren komen dan niet voor.

In het geval van fokwieken aangebracht op een hekschei zijn er wel extra hekgaten benodigd. Indien deze gaten zorgvuldig zijn aangebracht, geldt hiervoor hetzelfde als bij de heklatgaten zoals hierboven is besproken. Sleuven voor bijvoorbeeld steekborden of scharnieren voor de bovenborden bij een oudhollands wieksysteem hebben zover we hebben kunnen nagaan geen aanleiding gegeven tot roedebreuken.

5.2.6 Tuigage

Gewichtstoename als gevolg van wieksystemen

De aangebrachte tuigage zorgt ervoor dat het eigen gewicht van het wiekenkruis wordt vergroot. Gebleken is dat er ook hiermee heel divers wordt omgegaan. De ene roedemaker houdt in zijn constructieberekeningen, en daarmee bij de bepaling van de plaatdiktes en -schema, rekening met de zwaarte van de tuigage. Een volgende partij geeft aan altijd de sterkst mogelijke roede te maken. In dat geval maakt het wat betreft het gewicht niet uit welk wieksysteem er wordt toegepast. Als er een ander wieksysteem wordt toegepast heeft dat hoe dan ook effect op de constructieve levensduur van de roede. Wordt de constructie meer belast door een toename van het eigen gewicht, dan verkort dat de levensduur.

Gewicht en materiaal van tuigage

De telkens rondgaande beweging van het wiekenkruis, waarbij de roede omhoog wordt getrokken en daarna weer naar beneden valt, veel vergt van de constructie. Dit is zodanig dat krachten als gevolg van winddruk of de weerstand van het gaande werk een ondergeschikte rol spelen. Maatgevend is het totale eigen gewicht van het gehele wiekenkruis, inclusief de tuigage. Alle roedemakers geven aan dat dit de meest bepalende factor is voor de constructieve slijtage en daarmee levensduur van de roede. Opgemerkt wordt ook dat een roede in zekere zin een onhandige constructie is om dynamisch te belasten. Een balkconstructie in een gebouw wordt altijd op dezelfde manier belast en als zodanig berekend. Een molenroede wordt in alle richtingen wisselend belast.

Het belangrijkste is het zoeken naar de meest ideale relatie tussen sterkte en gewicht. De materiaalkeuze van de tuigage is hier ook bepalend in. Heeft de roede bijvoorbeeld een periode tuigage van azobé (ca. 1060 kg/m³) gehad, dan heeft dat een negatieve invloed op de levensduur van de roede. Voor het hekwerk wordt over het algemeen verduurzaamd grenen (ca. 550 kg/



Zelfzwichting na roedebreuk bij molen De Dellen: een zwaarder wiekstelsysteem

m³), larikshout (ca. 600 kg/m³) of pitch pine (ca. 750 kg/m³) gebruikt. Hardhoutsoorten als bangkirai (ca. 950 kg/m³) en bilinga (ca. 800 kg/m³) komen voor bepaalde onderdelen ook voor. Recentelijk worden ook meer gifvrij verduurzaamde naaldhoutsoorten voor tuigageonderdelen toegepast zoals Accoya dat een eigen gewicht heeft van ca. 550 kg/m³. Als een roede tussentijds zwaarder wordt belast of van wiekstelsysteem verandert, heeft dat zijn invloed op de levensduur van de roede.

Het toepassen van de juiste houtsoorten heeft ook invloed op het onderhoud van de molen. Dat geldt ook voor het hekwerk aan de roeden. Goedkopere en minder duurzame houtsoorten zullen meer onderhoud vergen en eerder aan vervanging toe zijn. Het is daarom logisch dat in het verleden gezocht is naar duurzamere houtsoorten voor het hekwerk. Zeker bij molens die weinig draaien, waardoor het hekwerk geen gelegenheid heeft goed door te drogen kan dit een overweging zijn. Vocht wordt ook langer op dezelfde punten vastgehouden als de molen altijd met hetzelfde end beneden wordt vastgezet.

Houten onderdelen

Op en aan de roede zitten verschillende houten onderdelen bevestigd die ook invloed hebben op de levensduur van de roede. Al eerder is ingegaan op de toename van het eigen gewicht van het wickenkruis door toepassing van bijvoorbeeld tropisch hardhout. Hier zullen we ingaan op de wisselwerking tussen de houten onderdelen en het staal.

Hekwiggen

Voor het maken van hekwiggen, roedewiggen, keerklossen en zaken om zeilen of kleppen te bevestigen zijn

verschillende houtsoorten in gebruik. Over het algemeen wordt voor hekwerk zelf naaldhout toegepast, dat geen invloed heeft op het extra corroderen van het staal. Voor het vastwiggen van hekwerk zijn naast naaldhoutsoorten (lariks, grenen) ook hardhoutsoorten als eiken en bilinga in gebruik. Eikenhout kennen we als het traditionele hout voor hekwiggen. Het gebruik van bilinga is meer van de laatste decennia. Het is vaak de manier van werken van de molenmaker die bepaalt welke houtsoort wordt toegepast. In het noorden van het land worden heklatten ook wel klem in het heklatgat geslagen.

Een bekend fenomeen is het inwerken van de looizuren, die van nature voorkomen in eikenhout, op staal. Deze looizuren tasten het staal aan en het is niet ondenkbaar dat eiken hekwiggen het staal van de roeden rondom het heklatgat aantasten. Het contactvlak van het hout op het staal is wel heel beperkt, en lijkt te gering om van invloed te zijn op de constructieve sterkte van de roede. Het kan bijdragen aan het plaatselijk versneld degraderen van het staal, maar niet in die mate dat dit onverwacht leidt tot veiligheidsrisico's. Als het plaatmateriaal er al door aangetast wordt, lijkt het uitgesloten dat afname van materiaal aanleiding geeft tot meer spanningsconcentraties. Bekend zijn bij oudere roeden de doorgeroeste roedetoppen. Rondom heklatgaten kan dat erger zijn. Toch is dan de gehele plaat gecorrodeerd en lijkt de aanwezigheid van de heklat en het wiggetje daarin een ondergeschikte rol te spelen.

Roedewiggen en keerklossen

Bij roedewiggen en keerklossen werkt dit iets genuanceerder. Daar is allereerst het contactvlak hout op het staal vele malen groter dan bij de hekwig. Over de gehele lengte wordt de wig tegen het staal aangedrukt. Bovendien hoopt vocht zich op achter de wiggen en de keerklossen. Het is niet ongewoon dat bij het doorhalen van roeden (bijna) alle roedewiggen ook worden vervangen, ook omdat deze vaak beschadigen.

Als materiaal heeft eiken veel goede eigenschappen om toegepast te worden als roedewig. Het is van oudsher hét materiaal waarvan deze werden gemaakt. Veel molenmakers en molenadviseurs gebruiken daarom nog steeds eiken. Onder eikenhouten roedewiggen vindt aantasting door het looizuur plaats. Bij veel bestaande roeden is dat ook duidelijk waarneembaar. Putcorrosie van enkele millimeters is niet ongewoon. De plaatdikte neemt hierdoor af op de plaats waar de spanning in het materiaal



Putcorrosie bij askop

hoog is. Andere houtsoorten die voor roedewiggen en keerklossen worden gebruikt zijn bilinga en soms robinia. De laatste heeft wat meer van dezelfde structuur als het eikenhout, maar beschikt ook over looizuur en daardoor over dezelfde nadelen als eiken in deze. Steeds vaker worden de nadelen van eikenhout erkend en kiest men daarom bilinga, ook al is er geen roede bezweken als gevolg van toepassing van eikenhouten roedewiggen.

Doordat een roedewig sterk wordt aangeslagen, beschadigt dit aanslaan ook de vers aangebrachte afwerkingslaag. Dit gebeurt ook als deze al goed droog is. Een roede vastzetten zonder dat daarbij de afwerking beschadigt is vrijwel onmogelijk. Alleen een harde en sterke afwerking (zoals een verzinklaag) zou daar op een goede manier tegen bestand zijn.

5.3 Gebruik

5.3.1 Informatie over samenstelling, instructie en gebruiksrichtlijnen

Bij de aankoop van nagenoeg alle producten is er een handleiding, instructie, gebruiksrichtlijnen en/of informatie over de samenstelling bijgevoegd. Deze informatie is ook om de leverancier van een product bij onjuist gebruik buiten de aansprakelijkheid te houden. Voor molenroeden bestaat dit niet.

Molenbouw staat in een traditie van ambachtelijk werk. Het is niet gebruikelijk dat er een gebruikshandleiding of instructie wordt bijgeleverd waarin staat aangegeven hoe om te gaan met molenroeden. Een molenaar of



Roeden steken

moleneigenaar heeft nu in feite geen idee wat hij nu precies geleverd krijgt of aan welke toetsing het product is blootgesteld. Tijdens een rondgang onder roedemakers is er één partij gevonden die wel een zekere garantstelling geeft van zijn product. Maar een document waarin omschreven is hoe de roede is samengesteld en welke inspanningen er zijn verricht om tot een hoogwaardig product te komen is nog niet aanwezig.

Ook in de samenwerking met molenmakers zijn er nu geen gehanteerde procedures of instructies voor hoe de roeden moeten worden behandeld. Men gaat uit van de ervaring die in het veld aanwezig is. Roedemakers geven geen document waarin wordt aangegeven op welke plaatsen de roede het best opgepakt en aangepikt kan worden of onderstept bij het optafelen. Over de wijze van transport - waarbij soms al één eind is opgehekt - is ook geen instructie. Vervoerd op een dieplader en op diverse punten vastgesjord werken er heel andere krachten op de roede dan wanneer deze aan de molen is bevestigd. Verkeerd vastzetten kan al tot grote negatieve gevolgen leiden. Sommige roeden maken honderden kilometers over de weg.

Al eerder spraken we over de moeilijkheden rondom het constructief rekenen aan de dynamisch belaste molenroeden. Door het gebrek aan inzicht in de

gebruiksgeschiedenis kunnen roedemakers geen duidelijke garantie geven over de gebruiksperiode. Het aantal omwentelingen is te tellen, maar wat er in de tussentijd met de roede gebeurt, is niet te monitoren. Naast het reguliere gebruik komt het ook voor dat roeden gebruikt worden om molenonderdelen bij onderhoud op te hijsen. De roeden zijn daar niet op ontworpen, maar er is geen document waarin dat is aangegeven. Als de roede verkeerd belast wordt, is dat van grote invloed op de constructieve slijtage en daarmee de levensduur van de roede. Deze slijtage is niet zichtbaar of meetbaar.

Ook het in het verleden voorgekomen 'wiekdraaien', het bevestigen van mensen aan de roede waarna met de molen wordt gedraaid, is constructief onwenselijk. Het gewicht van een persoon wordt op de meest ongunstigste plaats bevestigd aan de roede.

5.3.2 Omgang met de molen door molenaars

Een algemene tendens is de mening dat een molenaar bekwaam genoeg zou zijn om in meer of mindere mate gebreken aan roeden te constateren. Een molenaar zou het eerste stel ogen en oren zijn, deze kent de eigen molen immers het beste. Al meer dan vijftig jaar wordt er onderricht gegeven in het veilig laten draaien van molens door de gilden van molenaars. In de opleiding wordt onder andere geleerd tekortkomingen te signaleren zoals het slecht functioneren van de vang of het losraken van kammen en wiggen. Tijdens het voorleggen van de zeilen heeft de molenaar bovendien goed zicht op de voorplaat. Algemeen wordt gesteld dat de specialistische kennis over roeden bij molenaars momenteel niet aanwezig is. De dagelijkse omgang met de molen speelt een grote rol in de slijtage van roeden. Bij het draaien met een molen komen grote massa's en immense krachten vrij en ruwe omgang met vooral grote molens heeft een wezenlijke invloed op de levensduur van roeden. Molenaars zijn zich momenteel onvoldoende bewust van het feit dat roeden een cruciaal element zijn als het gaat om veiligheid van de molen en op het molenerf. Veiligheid lijkt eerder relevant gevonden te worden als het gaat om bezoekers, terwijl de molenaar een veel groter risico loopt, al was het maar omdat deze veel vaker op de molen is.

Stilzetten van het wickenkruis

De weerselementen werken in op alle onderdelen van een wickenkruis. Als de molen steeds met hetzelfde



Doorgeroeste roede waarvan altijd hetzelfde end beneden stond.

end beneden wordt stilgezet, blijven bepaalde plekken langer vochtig dan andere. Het onderste end moet bijvoorbeeld al het hemelwater afvoeren terwijl de andere wel droog waait. Hier spelen ook de eerdergenoemde ontwateringsgaten een rol. Als deze niet zijn aangebracht in de dan liggende roede, zal deze altijd op dezelfde punten nat blijven en vol water staan. Het gevolg hiervan is dat het wickenkruis niet gelijkmatig slijt wanneer de molen stilstaat.

Op veel molens zet men aan het einde van de draaidag altijd hetzelfde end beneden. Dit kan voortkomen uit gewoonte of omdat de molenaar overtuigd is van het functioneren van bijvoorbeeld de bliksemafleider op dat end. Een enkele keer komt het nog voor dat er maar op één of twee enden een oog op de roede is aangebracht. Doorgaans blijkt dat bij het beneden zetten de binnenroede vaak de voorkeur heeft omdat men over het algemeen het eerst zeil voert op deze roede. Ook in de opleiding wordt deze werkwijze aangeleerd. Daarbij wordt met name gewezen op de positie van de keerklossen en de roedewiggen. Het idee is dat het beter is om de liggende roede met de keerkloszijde naar onderen stil te zetten, zodat de roedewiggen niet worden ingedrukt door het gewicht van de roede, wat losse wiggen tot gevolg

zou kunnen hebben. Bij een rondgang onder molenmakers en roedemakers is niet één van de ondervraagden voorstander van deze gedachtegang. Zware corrosie op de liggende plaat is een vaak voorkomend euvel van molens waar het wiekenkruis altijd in dezelfde positie wordt stilgezet.

Sommige roedemakers stellen dat het door de hoogwaardige behandeling van hun product geen bezwaar is als telkens hetzelfde end beneden wordt gezet. Hoewel veel molenaars bekend zijn met het feit dat het om verschillende redenen beter is te wisselen welk end beneden wordt gezet, blijven velen toch in de gewoonte steken.

Als hetzelfde end altijd beneden staat, is er ook een belangrijk punt te maken in het geval van storm. Als de molen door de vang zou lopen, met het onderste end strak aan de ketting, krijgt dit end het zwaar te verduren. Er zijn dan drie enden die vooruit stuw en één end houdt dat (natuurlijk in combinatie met de vang) tegen. Op de platen en lasnaden aan de bordzijde ontstaat in die situatie een behoorlijke trekspanning die zich onder normale omstandigheden niet voordoet. Het niet anticiperend handelen bij verwachte weersveranderingen kan ervoor zorgen dat een molen 'met zijn kont in de wind' blijft staan. Gevolg kan zijn dat soms weken achtereen het onderste end aan de ketting trekt. Als decennialang hetzelfde end beneden staat is deze meer aan constructieve slijtage onderhevig door zware stormen die zijn doorgemaakt.

Het komt ook voor dat de molenaar vergeet de molen los te maken en gaat kruien, denkende dat de molen nog 'in de nesten' zit. Op die momenten werken er piekbelastingen op de roede en wordt deze ernstig op de proef gesteld.

Verschillen in belasting van binnen- en buitenroede
Wanneer we het overzicht bekijken van de roedebreuken in de laatste jaren, dan valt op dat er relatief veel binnenroeden bezwijken. Vanaf 2000 zijn dat 9 van de 13 breuken. Er gaan verschillende theorieën rond over de belasting van de buiten- versus de binnenroede.

Doorgaans wordt het meeste en eerste zeil gevoerd op de binnenroede. Deze wordt in dat opzicht eerder belast en genereert in die situatie meer vermogen dan de buitenroede. Ook zien we terug dat zwaardere wieksystemen doorgaans op de binnenroede zijn

aangebracht. Een ander punt is dat de binnenroede bij passage van het molenlijf met meer werveling te maken heeft dan de buitenroede. In de regel is er op de binnenroede sneller sprake van zeilslag waardoor deze meer dynamisch wordt belast dan de buitenroede. Tot slot heeft de binnenroede meer porring dan de buitenroede. Ook dat geeft mogelijk een iets ander krachtverloop waarbij vermoeiing een grotere rol kan spelen.

Ook de omgang met zware wieksystemen, bijvoorbeeld Ten Have-kleppen, is van invloed op de levensduur van een roede. Malen met een Ten Have-systeem waarbij op de andere roede nog (te) veel zeil wordt gevoerd belast de roeden tot het uiterste. De kleppen zijn dan meer dan noodzakelijk geopend en het systeem moet al het vermogen van de andere roede zien te keren. Dit leidt tot onnodige spanningen in de roeden en askop.

Interessant is dat als we beredeneren dat corrosie een belangrijke oorzaak van breuk is, dat dan de buitenroede het op dat punt eerder moet ontgelden. De buitenroede wordt doorgaans vaker liggend weggezet dan de binnenroede en zou dus, met name aan de binnenzijde en in het ashuis, meer vocht vasthouden. Dit zou de vorming van corrosie kunnen versterken waardoor men, ervan uitgaande dat corrosie een belangrijke oorzaak is voor roedebreuken, zou verwachten dat de buitenroede eerder als gevolg daarvan breekt. Dit is dus niet het geval.

5.4 Reparaties aan bestaande roeden

Al jaren worden er op regelmatige basis scheuren ontdekt in molenroeden. Deze scheuren houden meestal direct verband met slecht uitgevoerd laswerk. Het is goed dat scheurvorming wordt geconstateerd en dat er inspectie daarop plaatsvindt. Daarmee wordt veel leed voorkomen. Als er eenmaal een scheur geconstateerd is, wordt doorgaans de molen stilgezet totdat de scheur gerepareerd is of het wiekenkruis is vervangen. Dat stilzetten is belangrijk. Een scheur geeft aan dat de constructie bezwijkt en er een ongecontroleerde situatie is ontstaan. Nadien laat het verloop van de bezwijkende roede zich moeilijk raden.

Het ontstaan van één scheur kan zeker iets zeggen over de staat van het algehele laswerk en de staat van de roede. Bij onderzoeken aan lasnaden worden in een roede vaak meerdere tekortkomingen aan de lassen geconstateerd.



Lassen in situ



Lassen in situ

Gebleken is dat het lassen van de roede in situ vaak niet een tijdelijke maatregel is om de periode tot een nieuwe roede van enkele jaren te overbruggen. Er wordt na het in situ lassen en het constateren van de tekortkomingen geen protocol gehanteerd hoe in het vervolg de roede te monitoren.

Lassen in situ

Na de constatering van de scheur worden er verschillende methodes gehanteerd om dit probleem op te lossen .

De meest rigoureuze en veiligste oplossing is het geheel vervangen van de roeden. Plaatselijk lassen, met de roeden aan de molen, komt ook voor.

Gebleken is dat over deze methode zeer divers wordt gedacht en de sector over dit belangrijke onderwerp verdeeld is. Dat heeft te maken met het plaatselijke karakter van zo'n reparatie. De lasser kent de roede niet, en kan zich niet of nauwelijks op de hoogte stellen van de chemische samenstelling van de platen. De las kan eigenlijk niet aan de vereiste normen voldoen en de las wordt vanzelfsprekend vanaf één zijde gelegd. De omstandigheden waarin zo'n las wordt gelegd zijn niet ideaal. Er wordt gewerkt vanuit een hoogwerker op een hoogte waar de weerselementen vrij spel hebben. In een werkplaats wordt de ideale omgeving gecreëerd om te lassen. Ondanks inspanningen om een werkbare situatie te creëren, door middel van bijvoorbeeld windschermen, is het uitslijpen en daarna dichtlassen van de roede in situ

veel lastiger te controleren. Daarnaast speelt het risico van brand tijdens het lassen, zeker bij rietgedekte molens, een grote rol. Een vonkenscherm wordt vaak gebruikt om zaken te beschermen.

Sommige roedemakers bevestigen geen garantie te geven voor een roede waaraan in situ gelast is. Als een scheur ontstaat zegt dat iets over de hele staat van de roede. Ook zij die de las leggen staan desgevraagd zelden achter de keuze om te lassen aan een feitelijk bezwaken constructie. Binnen de gegeven omstandigheden kan de scheur netjes gedicht en sterk gemaakt worden. De gelegde las kan goed zijn, maar instaan voor de rest van de roedeconstructie is onmogelijk.

Trekplaten

In de afgelopen decennia zijn er bij verschillende molens trekplaten (ook wel versterkingsplaten genoemd) op de roeden gelast. Dit dient ter versterking van een dichtgelaste scheur in een stukklas of daar waar de roeden door de bovenas gaan. Verschillende keren werden deze ook aangebracht ter preventie. Na de roedebreuken in 2005 op Kinderdijk zijn daar bij een aantal molens op de roede in de ashuizen trekplaten aangebracht. Deze platen waren 2,50 m lang en 12 mm dik en bevonden zich op het gedeelte van de roede dat zich in de as bevond. Deze oplossing is ook elders toegepast. De roede blijft ook als deze is gebroken wel hangen! Een kleiner type trekplaten wordt ook wel toegepast op plaatsen waar een scheur in de roede zit. De

scheur wordt dan niet alleen gelast, maar extra versterkt door middel van een plaat waarmee door volgelaste sleuven een zo homogeen mogelijke verbinding wordt bereikt.

Aangelaste topeinden

Bij sommige oude roeden roesten de topeinden door. Dit komt eerder voor bij molens waar altijd hetzelfde end beneden staat. Dan blijven dezelfde delen langer nat wat de corrosie versnelt. Aan de toppen is de roede doorgaans 4 mm dik. Daar kunnen dan ook als eerste problemen ontstaan. Bij verschillende molens zijn de topeinden vervangen of heeft er aan de uiteinden herstel plaatsgevonden. Op deze plekken is echter het krachtenverloop minder. Het verband met een algehele afname van de sterkte van de roeden als gevolg van die corrosie lijkt in die gevallen niet te worden gelegd.

5.5 Inspecties aan bestaande molenroeden

Een belangrijk punt in het onderzoek vormt de inspectie van bestaande roeden. Ook hier zijn uiteenlopende opvattingen geconstateerd. Die verschillende opvattingen hebben bij beoordeling van roeden weleens tot problemen geleid: de ene keurt een roede af, en een ander acht die afkeuring niet noodzakelijk. Het beeld is dat de laatste jaren de lat hoger is komen te liggen. Men kiest eerder voor de veilige weg. Ook lijkt men meer open te staan voor andere visies over de constructieve sterkte van een oude molenroede.



Het aanlassen van topeinden

Er zijn verschillende methodes om de roede te inspecteren en om te besluiten om een roede goed dan wel af te keuren. Sommige deskundigen geven aan het prettig te vinden bij een inspectie met de molenaar te spreken om zo meer over het gebruik van de molen te achterhalen. Draait de molen veel, wordt er zorgvuldig met de molen omgegaan en wisselen de molenaars geregeld met het end dat beneden wordt gezet? Dit soort vragen dragen bij aan het completeren van een beeld dat van de roeden moet ontstaan.

Inmiddels zijn er wel meetmethodes in gebruik geraakt om feitelijke informatie over de staat van de roeden te verkrijgen. De technieken zijn er om gebreken tot op minutieus niveau op te sporen. Die informatie leidt in weinig gevallen tot een positieve uitslag. De voornaamste oorzaak hiervan is het ontbreken van afkeurcriteria specifiek voor molenroeden. Hier zullen we later nog verder op ingaan.

5.5.1 Doorhalen

Molenroeden worden regelmatig doorgehaald om het gedeelte in de askop schoon te maken, te inspecteren en opnieuw te behandelen. Met doorhalen, doorhijzen of doorschuiven wordt hetzelfde bedoeld: de roedewiggen en een keerklos worden losgehaald waarna de roede wordt opgetakeld. Het gedeelte dat in het ashuis zit, bevindt zich dan boven de askop en kan worden behandeld. Voor het beschermen van de roede is dit van groot belang, waarbij eens in de 10 jaar doorhalen wel de regel is. In uitgesproken zilte klimaten wordt een cyclus aanhouden van een schilderbeurt, dus ongeveer 6 jaar. Verder weg van de kust komt 12 jaar ook voor.



Doorhalen

Heeft men oudere roeden dan worden deze vaak eveneens gelijk doorgehaald met de schildercyclus, vaak parallel met de SIM-periode. Nieuwe roeden worden vaak langer niet van hun plek gehaald. Het is niet gebruikelijk dat er gelijktijdig met het doorhalen een plaatdiktemeting wordt gedaan. Ervaren molenmakers kunnen een goed beeld vormen van de staat van de roeden wanneer ze deze schoonmaken. Roeden doorhalen is een veelvuldig voorkomende klus voor molenmakerijen. Echter over de wijze van behandelen lopen de ideeën uiteen. De werkomstandigheden zijn vaak niet ideaal en lang niet altijd is de verf of teer(vervanger) voldoende droog wanneer de roede weer wordt teruggeplaatst. Dat terugplaatsen moet met beleid gebeuren teneinde de verse laag niet te beschadigen.

5.5.2 Controle op plaatdikte

Plaatdiktemeting is een veelvoorkomende manier om een indruk te geven van de dikte van het materiaal. In de regel wordt gebruik gemaakt van een ultrasoon techniek. Deze is gemakkelijk in gebruik en daarmee ook geschikt om het verloop van plaatdikte signaleren. De inspecteur moet hiervoor over de gegevens van voorgaande metingen beschikken en het liefste ook over een plaatdikteschema van de bouw van de roeden. Hierdoor kan de gemeten dikte gerelateerd worden aan de oorspronkelijke plaatdikte. Niet-zichtbare roestvorming aan de binnenzijde kan de metingen beïnvloeden.

Er wordt ook op het gehoor gecontroleerd. Bij een rondgang onder inspecteurs geven sommigen aan te kunnen beluisteren waar de plaatdikte is afgenomen: het klinkt minder massief en daardoor blikerig. De klank is ook anders als er een scheur aanwezig is, vergelijk het met een barst in een theekopje. Vaak kijkt men even tussen de roedewiggen door om een indruk te krijgen van de roestvorming in het ashuis. Afkomend roestwater is ook een belangrijke indicatie om na te gaan wanneer roeden voor het laatst zijn doorgehaald.

5.5.3 Controle op lasnaden

De laatste jaren is meer de nadruk komen te liggen op de inspectie van stuiklasnaden. Steeds meer roeden worden afgekeurd op de slechte staat van de stuiklassen dan op corrosie of afgenomen plaatdiktes. Voor deze controle zijn diverse methodes in gebruik.

Ten eerste is een visuele inspectie aan de buitenzijde van de roede mogelijk. In of naast de las tekent zich een onregelmatigheid af. In combinatie met lijnvormige roestvorming geeft dit aan dat hier sprake is van scheurvorming. Bij gebroken roeden zijn vaak één of twee van de vier breukvlakken verroest. Het is moeilijk te zeggen hoeveel tijd er vanaf het zichtbaar worden van de scheur tot het uiteindelijke breken passeert. Maar het is wel een teken dat de scheur al enige tijd aanwezig is vóór de breuk. Dikkere verflagen of coatings bemoeilijken het doen van deze visuele waarnemingen. Scheuren manifesteren zich het meest in de voorplaat. Die plaat is relatief eenvoudig te bekijken. Het geheel bezwijken van de las is zo mogelijk te constateren, maar meer informatie over bijvoorbeeld doorlassing, is op deze manier niet te verkrijgen. Een eenvoudige methode om een idee van doorlassing te krijgen is het uitnemen van een heklat ter hoogte van de bovenste las en met een compacte camera of endoscoop de binnenzijde te inspecteren. Dan is duidelijk of een las aan de binnenzijde überhaupt zichtbaar is en men heeft gelijk een idee van de roestvorming aan de binnenkant.

Wil men meer informatie, dan wordt een ultrasoon onderzoek toegepast. Hiervoor worden geluidsgolven in smalle bundels het materiaal ingezonden en op basis van de mate van reflectie kan een indruk gevormd worden van het lasvolume. Door middel van deze techniek krijgt men inzicht in de lasdikte en de mate van doorlassing. Als de las is onderbroken is dit ook zichtbaar. Zaken die aan de binnen- of buitenzijde visueel niet zichtbaar zijn kunnen zo worden opgespoord. Belangrijk is dat deze techniek alleen op dikkere platen kan worden toegepast. Bij ultrasoon lasnadenonderzoek wordt de oppervlakte minder goed waargenomen. Daarom wordt deze techniek geregeld gecombineerd met een wervelstroomonderzoek. Met deze techniek wordt het materiaal op en vlak onder het oppervlak van de roede gecontroleerd.

De meest doorontwikkelde meetmethode is het zogenaamde ToFD (Time-of-Flight Diffraction) onderzoek. Daarbij worden twee tasters gebruikt die evenwijdig aan weerszijden van de las worden geplaatst. Eén taster zendt ultrasone geluidsgolven uit en de andere wordt gebruikt als ontvanger. Onvolkomenheden in de las worden zo geregistreerd. Hierbij is het te achterhalen wat de precieze afmeting en locatie van het aangetroffene is. Er ontstaan digitale beelden die



ToFD-onderzoek bij lasnaden

opgeslagen kunnen worden, deze kunnen dan bij een volgende meting over elkaar heen worden gelegd. Op deze manier is het ook goed mogelijk om veranderingen te kunnen ontdekken.

Het spectrum aan tekortkomingen dat wordt geconstateerd is breed. Behalve dat oude lassen zelf niet een vereiste grote hebben, is ook de manier waarop deze zijn aangebracht vaak niet zorgvuldig geweest. De afschuiningen (hechtvlakken) die van belang zijn bij het lassen, zeker als deze eenzijdig worden aangebracht, zijn te klein waardoor het hechtoppervlak van de las aan de plaat relatief beperkt is. Slakinsluitingen of onregelmatigheden over de lengte van de las komen ook voor.

5.6 Monumentale waarden

Het molenveld is zich erg goed bewust van het feit dat men met een monument werkt. Men streeft er in de regel naar om zoveel mogelijk 'origineels' van de molen te behouden en dit zo lang mogelijk te koesteren.

Bij roeden is het tegenovergestelde waarneembaar. Roeden worden in toenemende mate gezien als een slijtdeel van de molen, die vervangen moeten worden als

deze slecht zijn geworden. Zelfs na meer dan 50 jaar in de molen te hebben gezeten, worden deze zelden tot de monumentale waarde gerekend.

Geklonken roeden vormen hierbij een uitzondering. Deze worden met veel enthousiasme gerestaureerd omdat ze in de collectie roeden in Nederland een speciale plaats innemen. Men is van mening dat deze in het bijzonder het behouden waard zijn en dat het liefst in gebruik in de molen zelf.

Bij het vervangen van roeden wordt steeds bewuster gekeken naar het wiekenkruis dat, zover de gegevens beschikbaar zijn, oorspronkelijk in de molen heeft gezeten. Vaak worden specifieke details of kleurstellingen teruggebracht, waarbij vaak een eerder systeem aan de hand van oud beeldmateriaal wordt gereconstrueerd. Het vervangen van roeden is ook de uitgelezen gelegenheid om het aangebrachte wieksysteem nog eens te beschouwen. Een bijzondere ontwikkeling daarbinnen is het opnieuw vervaardigen van geklonken roeden. Het reconstrueren van Potroeden is daarbij het meest gebruikelijk, maar recent zijn ook Franssen roeden opnieuw gefabriceerd. Het reconstrueren op deze wijze van gelaste roeden is niet gebruikelijk.

6. Aanbevelingen

6.1 Inleiding

Een molen is een werkend monument en een voorbeeld van levend industrieel erfgoed. Het behoud en beheer van zo'n monumentale machine is altijd maatwerk. Voorop staat dat er gestreefd moet worden naar een zo veilig mogelijke werk- en constructiewijze. Door de ouderdom en het monumentale karakter zijn er echter beperkingen waar rekening mee gehouden moet worden. Het zal niet lukken om zo'n monumentale constructiewijze gelijk te stellen met normeringen zoals deze nu gelden. Dat geldt overigens niet alleen voor roeden. Het verplicht de betrokkenen rond de molen extra bewust te zijn van risico's zodat we de molens als werkende monumenten kunnen behouden. Hier vragen draaiende delen zoals de molenroeden vanzelfsprekend om extra en zorgvuldige aandacht. Naar mate draaiende delen gebruikt worden, slijten ze. Dit geldt in hoge mate voor molenroeden, waar naarmate er meer gedraaid wordt, deze steeds minder betrouwbaar worden.

Een doorontwikkelde molenwiek bevindt zich aan een moderne windturbine. Bij de vormgeving van die wieken is het krachtenverloop, het minimaliseren van spanningsconcentraties bepalend geweest. Bij windturbines zijn de draaiende delen van een beperkte levensduur voorzien en is de omgeving van de turbine in risicoklassen ingedeeld. Bij traditionele windmolens zitten de stalen roeden in veelal 19e-eeuwse gietijzeren ashuizen die ontworpen zijn voor houten roeden. In plaats van een geoptimaliseerd ontwerp dat spanningsconcentraties minimaliseert, worden molenroeden ontworpen naar de traditie van de molenbouw en moeten we erkennen dat dit niet de veiligste oplossing is. Een oplossing die met name na enkele jaren van gebruik, niet meer aan normeringen is te koppelen.

Binnen de traditionele kaders zijn in de constructie van de molenroede niet eenvoudig extra veiligheidsmarges in te bouwen. Toch hebben zich in de loop der jaren nieuwe inzichten en technische ontwikkelingen voorgedaan. De ervaring leert nu: een goede gelaste roede kan idealiter het zonder problemen 60 tot 70 jaar uithouden. We weten dus dat bij een goede productie, duurzaam onderhoud, regelmatig inspectie en zonder incidenten het wél kan.

De aanbevelingen in dit onderzoek zijn geen nieuwe richtlijn voor het vervaardigen van stalen, doorgaande molenroeden. We staan niet uitgebreid stil bij de zaken die niet door het molenveld als probleem gesignaleerd worden. Aan de hand van de in hoofdstuk 4 gehanteerde bestaanscyclus van de molenroede doen we aanbevelingen en aanpassingen die op de productie, levering, gebruik, inspectie enz. van toepassing zijn. Deze gelden voor zowel nieuwe als bestaande roeden.

We bevelen ten zeerste aan dat de werkzaamheden die aan een molenroede worden verricht tijdens de fabricage zo zorgvuldig mogelijk uitgevoerd moeten worden én ook moeten worden vastgelegd. Dat houdt dat er gewerkt moet worden met gecertificeerde materialen en medewerkers. Dit geldt met name als het gaat over het maken van de lasverbindingen. Zo streven we naar een zo goed mogelijke molenroede en verminderen de risico's aanzienlijk. Hoe dat in zijn werk gaat wordt in de volgende paragrafen verduidelijkt.

Het staat vast dat er de komende jaren roeden vervangen moeten worden. Het veiligheidsniveau moet omhoog om breuken zoals die nu nog regelmatig voorkomen, vóór te blijven. Door de verbeteringen die al hebben plaatsgevonden, met name na de intrekking van de tweede richtlijn, zullen we de levensduur van molenroeden over enkele decennia opnieuw in ogenschouw moeten nemen.

6.2 Ontwerp en bestellen

6.2.1 Maatvoering

De middenzwaarte is voor een groot deel bepalend voor de sterkte van het roedeontwerp. Het komt echter voor dat de gaten in het ashuis niet op de volledige maat worden benut en dat bij de (te) licht uitgevoerde roeden grote roedewiggen of zelfs vulblokken aanwezig zijn. Bij het bestellen van nieuwe roeden is het daarom van groot belang om niet uit te gaan van de middenzwaarte van de oude te vervangen molenroeden. Leid in plaats daarvan de middenzwaarte van de nieuwe roeden af van de afmetingen van het ashuis, verminderd met de dikte van de wiggen. Vullingen of te dikke roedewiggen blijven dan achterwege en de ruimte wordt het meest efficiënt benut.



Historische houten asplaat achter roeden

Een uitzondering hierop zijn de molens waarbij, omwille van het centreren van de roede, in het hart van de bovenas vulhouten zijn toegepast. Ook kan de toepassing van deze vulhouten historisch bepaald zijn. In deze gevallen wordt gestimuleerd deze karaktereigenschappen van die specifieke situatie te behouden.

6.2.2 Het ontwerp en constructieve berekeningen

Voor de sterkte van de roede is het ontwerp van het plaatschema - de plaatsing van de lasverbindingen tussen de platen - van groot belang. In de richtlijn 1985 werd al aanbevolen dat de stuiklassen van de voor- en achterplaat ten opzichte van de zijplaten 100 mm moeten verspringen. Op de stuiklas vindt tevens de overgang naar een andere plaatdikte plaats. De overgang van plaatdikte en de las brengen, afhankelijk van de kwaliteit van het geleverde werk, een verandering in het krachtverloop teweeg. Het verder uit elkaar plaatsen van de stuiknaadlassen leidt tot een geleidelijker krachtenverloop en vloeiendere overdracht van spanning. Ook als een las gebreken vertoont, worden de spanningen over een langere gelijkmatigere lengte verdeeld wanneer de stuiknaden



Verspringende stuiknaden

verder uit elkaar liggen. Sommige oudere roeden van vóór de richtlijnen zijn al volgens deze methode geconstrueerd, met de naden ver uit elkaar. Maar in het verleden zijn de lassen ook wel op één hoogte rondom aangebracht, hetgeen wel eens tot problemen heeft geleid.

Aanbevolen wordt daarom de lasnaden tenminste 100 mm te laten verspringen om een geleidelijk krachtenverloop op de plaatovergangen en langs de lassen te bevorderen. Deze overdracht vindt daarmee over een grotere lengte plaats. Ook moet er rekening gehouden worden met de afstand van een las tot een heklatgat. De aanbeveling is dat deze afstand minimaal 50 mm bedraagt. In paragraaf 5.4.2 gaan we hier nog verder op in. Een zodanige verdeling kan tot stand worden gebracht door rekening te houden met de steek van de heklatten. De las wordt dan tussen twee heklatgaten gesitueerd en de lassen verspringen met de steekmaat, doorgaans circa 30 cm.

6.2.3 Plaatdikte

Een goed plaatschema is van essentieel belang voor de constructieve sterkte van een molenroede. Bij het bepalen van de plaatdiktes speelt zowel de sterkte van

het materiaal als het eigen gewicht een rol. In roeden die volgens de richtlijn van 1985 (en diens opvolger) zijn gemaakt zijn zelden tot nooit gebreken ontdekt die de oorsprong vinden in een foutief plaatschema. Bij de verificatie van de richtlijn van 2011 zijn, naast de zaken die de gedeelde roeden met zich meebrachten, enkele foutieve aannames gesignaleerd en zijn er verbeteringen doorgevoerd. Er werd bijvoorbeeld een ommissie ontdekt bij doorgaande roeden met een lengte van 28 meter of meer. Deze verbeteringen dragen bij aan een nog beter constructief ontwerp dat op hoofdlijnen al goed volstond.

De afgelopen jaren hebben diverse roedemakers samen met constructeurs een verbeteringsslag gemaakt in het eigen roedenontwerp. Dit is een zeer goede ontwikkeling, die bijdraagt aan een veiligere molenomgeving. Eén van de ontwikkelde ideeën is om bijvoorbeeld de hartplaten langer te maken zodat de bovenste hekgaten zich in dikker materiaal bevinden. Doordat de sterkte van een roedenontwerp een balans is tussen eigen gewicht en sterkte van het materiaal is het ontwerp ongevoelig maken voor vermoeiing door deze te overdimensioneren niet mogelijk. Echter, door bijvoorbeeld na te denken over de verdeling van lasnaden, is het mogelijk roeden zodanig samen te stellen dat op de plaatsen waar het spanningsverloop het groots is geen lassen zitten. Dicht op de askop is de invloed van het eigen gewicht maar beperkt, en zodoende wordt het ontwerp geoptimaliseerd. De Hollandsche Molen moedigt dergelijke ontwikkelingen aan en het is van belang dat de kennisdeling op dit vlak verbeterd en voortgezet wordt.

Maximale overgangsmaat plaatdiktes

Een geleidelijk verloop van de plaatdikte (wanddiktesprong) creëert de meest ideale overdracht van aanwezige spanningen. Om die reden zijn grote overgangen van plaatdikte ongewenst omdat deze spanningsconcentraties veroorzaken. Bovendien wordt de vereiste afschuining aansluitend op de las dan langer. In oudere roeden is deze afschuining veelal achterwege gelaten. De Hollandsche Molen beveelt daarom aan dat overgangen in plaatdikte te maximeren tot 3 mm.

6.2.4 Locatie van de molen

Sommige roedemakers en constructeurs houden in de ontwerpfase van nieuwe roeden rekening met de ligging van de molen in het land. In de kustregio's ondervindt een molen zwaardere windomstandigheden

en een molen wordt in dat geval uitgevoerd met een verzaamd constructief ontwerp. De Hollandsche Molen is terughoudend met het introduceren van de locatie van de molen als aanname bij het bepalen van het constructief ontwerp. Mede omdat juist meer standaardisatie gewenst is. Bovendien heeft het constructief ontwerp zoals voorgeschreven in de richtlijnen niet tot breuk geleid.

6.2.5 Planning in onderhoudscyclus

Veel molens in Nederland beschikken over roeden van verschillende leeftijden en fabricaten. Een oorzaak hiervan is dat het regelmatig voorkomt dat slechts één roede wordt vervangen van een bij elkaar horend paar. Dit kan een financiële reden hebben, als het vervangen van het gehele wiekenkruis niet past in beschikbare subsidieregelingen. Ondanks dat beide roeden hetzelfde aantal omwentelingen gemaakt hebben en aan dezelfde omstandigheden blootgesteld zijn, wordt er aan de oude roede dan zelfs nog (deels) nieuwe tuigage aangebracht. Dit is zeer inefficiënt en het inschatten van een resterende levensduur van een oudere roede is erg lastig. Geadviseerd wordt daarom om indien één roede wordt vervangen ook sterk te overwegen de andere gelijktijdig te vernieuwen. Het zelfde geldt voor die gevallen waar omvangrijk restauratiewerk gepland is: grijp het restauratieproject aan om ook de roeden te vervangen. In totaal komt dit uit op een grotere investering, echter door het combineren van werkzaamheden en besparing op kraankosten is dit op de langere termijn vele malen voordeliger.

Inpassen vervangen roeden binnen lopende subsidieregelingen

Wat betreft het wiekenkruis kan bij eigenaren gaandeweg de onderhoudsperiode een andere prioritering ontstaan in de volgorde van het uit te voeren onderhoud vanwege veiligheidsredenen. Bijvoorbeeld als na een inspectie roeden in veel slechtere staat zijn dan verwacht. Als er werkzaamheden aan het wiekenkruis zijn opgenomen in de SIM, zal dan de behoefte ontstaan om een deel van deze gelden te gebruiken voor het geheel vervangen van het wiekenkruis. Mogelijk zal een eigenaar andere werkzaamheden vooruit willen schuiven om budget vrij te maken om het vervangen van de roeden mogelijk te maken. Om hierin te kunnen voorzien is het van belang dat de RCE toestaat dat eigenaren in de lopende periode het werk anders prioriteren.

6.3 Fabricage

6.3.1 Plaatmateriaal

Soorten plaatstaal

Er worden verschillende staalsoorten gebruikt voor het vervaardigen van stalen molenroeden. Alle toegepaste soorten hebben voor de betreffende molen bepaalde voor- of nadelen. Het verdient aanbeveling aan de sector om tot een gezamenlijk besluit te komen welke staalsoort het beste is voor molenroeden. Het gebruik van weervast staal geniet vooralsnog de voorkeur omdat dit echt een verbetering is ten aanzien van de duurzaamheid.

Verzinken en weervast staal

Door de duurzaamheid en weerstand tegen corrosie te vergroten kan een roede vanuit weerbestendigheid aanzienlijk langer mee. De sector heeft veel kennis over het gebruik van weervast staal, verzinken en het aanbrengen van coatings. Deze worden dan ook veelvuldig toegepast en weerbestendigheid is lang één van de belangrijkste bepalende factoren geweest in het ontwerp van roeden. Een grotere weerbestendigheid betekent echter niet direct dat de roede ook een langere levensduur zal hebben. Zoals is gebleken uit dit onderzoek spelen veel andere factoren een rol bij het bepalen van de levensduur van de roeden. Zaken als hoge spanningsconcentraties door ontwerpfouten en gebreken aan laswerk zijn bij bestaande roeden lastiger op te sporen dan corrosie. Door het gebruik van verzinkt en weervast staal wordt er een gemakkelijk zichtbare afkeuringsgrond (corrosie) uitgeschakeld.

Verzinken heeft bovendien een kostenverhogend effect. Slecht uitgevoerd verzinken kan ook weer spanningen in de roede brengen wat de constructieve sterkte nadelig beïnvloedt. Afhankelijk van de bouwwijze van de roede kan zink zich bijvoorbeeld ophopen achter de wigschotten. Hier kan vocht en vuil zich ophopen of een zinkprop kan loskomen tijdens het draaien. Verder is bij roeden van grote lengtes het transport en het verzinkproces niet eenvoudig. In tegenstelling tot roeden van weervast staal, waarvan de oudste alweer ruim 30 jaar oud zijn, is er nog weinig bekend over welke zaken zich anders gedragen als gevolg van verzinken. De theorie dat verzinkte dynamisch belaste constructies beter bestand zijn tegen vermoeiing is nog niet in de praktijk bewezen.

Behandelingen

Het inzetten van hoogwaardige coatings aan de buitenzijde van de roeden leidt soms tot problemen. Beschadigingen bij de roede- of hekwiggen of beschadigingen door het gebruik van bijvoorbeeld roedekettingen ontstaan gemakkelijk. Ervaringen leren dat een beschadiging aan de coating leidt tot versnelde roestvorming onder de coating. Er moet rekening mee gehouden worden dat bij het reguliere onderhoud dergelijke beschadigingen behandeld moeten worden en dat de roeden als geheel nog eens geschilderd worden. Hier ligt ook een taak voor de molenaar om de eigenaar op eventuele beschadigingen te wijzen.

De Hollandsche Molen adviseert daarom roeden te voorzien van een verfsysteem dat gemakkelijk kan worden onderhouden en waarbij het wegwerken van beschadigingen gemakkelijk mogelijk is. Het bestendig maken van roeden tegen weersinvloeden leidt niet in alle gevallen tot een langere levensduur. Als wordt ingezet op een zo lang mogelijk behoud van het plaatmateriaal zal ondeugdelijk uitgevoerd laswerk op de lange termijn problemen geven en zal vermoeiing kunnen optreden. Of dan kosten van verzinken en hoogwaardige coatings op de langere termijn voordeliger zijn is maar zeer de vraag. Door regelmatig onderhoud uit te voeren ontstaat een beter beeld van de roede. Met een verfsysteem dat elke zes jaar moet worden onderhouden past dit goed in de SIM-cyclus. Het wordt zo ook duidelijker waar corrosie optreedt en onvolkomenheden worden gemakkelijker opgespoord. Voor het verrichten van schilderwerk aan roeden kan worden overwogen dit bij een molenaar te beleggen zodat deze er met zijn achtergrond ook naar kan kijken.



Roestvorming bij coating rondom heklatgat

Voorzie bij nieuwe roeden in een goede behandeling van de binnenzijde. Wax of andere roestwerende en waterkerende producten zijn daarvoor geschikt. Omdat deze behandeling aan de binnenzijde grotendeels na het samenstellen gebeurt moet er goed nagedacht worden over de doorvoer langs de wigschotten. Deze moet zodanig zijn dat tijdens de behandeling alle plekken ter weerszijde van de wigschotten worden geraakt. In het verleden zijn ook bij roeden in situ binnenzijden behandeld. Zo'n behandeling in situ is het alleen waard bij roeden van hooguit twee decennia oud. De vraag die daarbij gesteld moet worden: is er zowel veiligheidstechnisch als economisch op de langere termijn winst te behalen? Het is bij oude roeden moeilijk om die vraag positief te beantwoorden.

Roedewiggen en keerklossen

Momenteel wordt er niet eenduidig gedacht over de te gebruiken houtsoort voor roedewiggen en keerklossen. Traditioneel zijn deze uitgevoerd in eikenhout, echter speelt hier de nadelige invloed op de roede door de in het hout aanwezige looizuren. Een beperkt aantal houtsoorten is geschikt om te worden toegepast voor deze zwaar belaste en aan de elementen blootgestelde molenonderdelen. Bilinga is hiervan het bekendste alternatief.

De nadelige invloeden van het eiken zijn deels te ondervangen door het regelmatig doorhalen van de roeden (zie 5.5.1: Doorhalen) en een goede behandeling van de roede en de wiggen. Breuk als gevolg van de houtsoort van de wiggen is nog niet voorgekomen. Mogelijk dat dit verband houdt met de regelmatige inspectie die doorgaans onder en rond de wiggen plaatsvindt. Juist op die plekken is men beducht op materiaalafname waardoor breuk wordt voorkomen. Het gebruik van bijvoorbeeld bilinga heeft zeker voordelen, maar de genoemde nadelen van eiken wiggen geven vooralsnog geen aanleiding tot aanvullende aanbevelingen op dit gebied.

6.3.2 Wigschotten

Het is van belang om vast te stellen hoe het wigschot is aangebracht. De detaillering en de precieze plaats van het wigschot heeft in het verleden bijgedragen aan het bezwijken van roeden. Een sterke afname van plaatdikte van binnenuit ter hoogte van de as kan op die plek ontstaan. Dit heeft in een enkel geval geleid tot een breuk. Er kan ter plaatse van een wigschot een opeenhoping

van vocht en vuil ontstaan. Een wigschot moet voorzien zijn van uitsparingen in de hoeken zodat het vocht aan de binnenzijde weg kan. Ook dient het schot zodanig te zijn vormgegeven dat een zo goed mogelijke ventilatie wordt verkregen.

Bij oude roeden wordt regelmatig geconstateerd dat de vocht- en luchtdoorlatendheid beperkt was waardoor corrosie van binnenuit kon optreden. Ook bij het naderhand behandelen van de binnenzijden van roeden zijn geen garanties mogelijk over hoe deze behandeling rond en tussen de wigschotten zijn werk heeft gedaan. De binnenzijde van de roeden rondom de askop kan bij een met oudhollands hekwerk uitgeruste molen relatief eenvoudig worden bekeken doormiddel van het verwijderen van een bovenste heklat. Met behulp van een endoscoop o.i.d. ontstaat er meteen een indruk van de situatie aan de binnenzijde en zijn gelijktijdig enkele lasnaden aan de binnenzijde voor een visueel inspectie bereikbaar.

Als de wigschotten zijn vastgelast verdient dit extra aandacht. In de roederichtlijn uit 1985 wordt al een boutverbinding geadviseerd, maar toch zijn veel wigschotten in bestaande roeden vastgelast. Dit laswerk kan een verandering in materiaalsamenstelling veroorzaakt hebben en onnodige spanningen in het materiaal hebben gebracht. Anders dan bij de constructieve lassen van de roeden worden de lassen van de wigschotten niet dynamisch belast en dienen ze alleen om het schot op zijn plaats te houden.

Advies aan de roedemakers is om te onderzoeken of de toegepaste wigschotten wellicht met minder materiaal vorm kunnen worden gegeven zodat een optimale beluchting en vochtdoorlatendheid kan worden verkregen. Daarnaast adviseren we, in lijn met de roederichtlijnen, om de wigschotten niet aan de hartplaten te bevestigen met een lasverbinding. Zo behoudt het plaatmateriaal daar zijn oorspronkelijke kwaliteit.

Dit geldt ook voor de steunbuizen die benodigd zijn voor de draadeinden van de keerklossen. Vaak worden deze niet (meer) door en door bevestigd en zit de keerklos aan één plaat verankerd. Bij sommige oudere roeden zijn deze wel door en door bevestigd en dan zijn steunbuizen benodigd. Hierbij is een minimale hechtlast voldoende om deze op zijn plek te houden. Zowel de wigschotten als deze steunbuizen moeten zodanig zijn aangebracht dat deze, na productie, een goede behandeling aan de binnenzijde niet in de weg staan.



Inspectiefoto van binnenzijde roede ter hoogte van de wigschotten

6.3.3 Het lassen

We kunnen vaststellen dat de wijze waarop wordt gelast, en daarmee de zorgvuldigheid die de roedemakers betrachten, een enorme verbeteringslag heeft doorgemaakt. Dankzij hen heeft er de laatste jaren een kennisontwikkeling plaatsgevonden die in ieders voordeel is. Anderzijds moeten we ook constateren dat bij laswerk aan molenroeden, ook van ná de introductie van de richtlijnen, tekortkomingen worden geconstateerd. Onvolledige lassen komen voor en deze zijn er mede de oorzaak van dat we extra alert moeten zijn.

Roedemakers die nu (2022) actief zijn, zijn zich bewust van de onaanvaardbare risico's die slecht laswerk met zich meebrengen. Uit het verleden weten we dat verschillende gelaste roeden de 60 jaar gemakkelijk hebben gehaald. Het zal ons met de doorgemaakte kwaliteitsverbeteringen niet verbazen als roeden uit de nieuwe generatie richting de 100 jaar zullen gaan. Een resultaat dat alleen zorgvuldig samengestelde roeden kunnen bereiken.

Er zijn veel verschillende methodes en bijbehorende opvattingen over het lassen aan molenroeden. De meerderheid gebruikt stuiknaden voor het lassen vanaf twee zijden (X-las) en past weervast staal toe. Hierbij

dient ander toevoegmateriaal te worden gebruikt dan voor conventioneel constructiestaal.

Er zijn veel zaken omtrent het lassen die van invloed zijn op de uiteindelijke kwaliteit. Dit is specialistisch vakwerk dat aan de gecertificeerde deskundigen moet worden overgelaten. Maar dan moeten de eigenaren of opdrachtgevers wel weten waaraan hun product voldoet. Welke aannames zijn er gehanteerd, welke normeringen zijn van toepassing en het belangrijkste: is de roede aan een niet-destructief onderzoek (NDO) onderworpen door een onafhankelijke partij? Juist dat laatste zal ervoor zorgen dat het laswerk van hoge kwaliteit blijkt. Zij die hun vakgebied goed verstaan, zullen zich daarin kunnen onderscheiden.

De Hollandsche Molen stelt voor dat de sector hierin het voortouw neemt en die criteria, coderingen en normen aanreikt. Deze informatie moet ook uit het opleverdossier blijken waarbij wij de verwachting uitspreken dat daarin informatie verwerkt is over:

- Lasmethode, -criteria en gehanteerde normeringen
- Inspectie- en keuringsplan
- Meetrapporten
- Kwalificaties van de lassers
- NDO-rapporten (waaronder visueel, magnetisch en ultrasoon voor conserveren)
- Alle relevante documentatie waaruit blijkt dat lasprocedures goed zijn doorlopen

Vlakslijpen van lassen

In de richtlijnen is altijd aangegeven dat de lassen van de roeden afgevlakt moeten worden om een zo gelijkmatig mogelijk spanningsverloop in de constructie te stimuleren. Toch blijkt dat niet overal te worden uitgevoerd en is het ook niet in lijn met normen voor laswerk. De Hollandsche Molen adviseert de stuijken zowel aan de buiten- als aan de binnenzijde vlak te blijven slijpen. Het argument dat deze daardoor niet terug te vinden zijn bij bijvoorbeeld controle van lasnaden, kan eenvoudig worden ondervangen door ervoor te zorgen dat de moleneigenaren, liefst ook op de molen zelf, kunnen beschikken over de tekeningen van de roeden. Ook is bij oudere roeden met behulp van een plaatdiktemeter de overgang eenvoudig te herleiden.

6.3.4 Heklatgaten

Vorming heklatgaten

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat de vorming

van de heklatgaten en de wijze waarop deze zijn gemaakt aandacht behoef. Daar waar een heklatgat is aangebracht, is materiaal uit de constructie weggenomen. Dit leidt tot een concentratie van het krachtenverloop langs de gaten. Dit speelt met name bij de heklatgaten rondom de askop, waar de grootste spanningen optreden.

Ondanks het feit dat de richtlijnen hier altijd duidelijk in zijn geweest, blijkt uit de praktijk dat er bij veel roeden onregelmatig gevormde heklatgaten zijn aangebracht met (te) scherpe hoeken. De hoeken moeten zijn voorzien van een radius met een straal van 6 mm en de radius moet in rechte lijn aansluiten op de rechthoek. Dus niet met een knik of een sprongvormig verloop. Als de onregelmatigheden (kerfen) zich loodrecht op de spanningsrichting bevinden moeten de gaten daarna vlak worden afgewerkt of zodanig dat deze zich parallel aan de spanningsrichting van de roede bevinden. Wij benadrukken dat het op deze manier vormgeven van groot belang is. Ook al is deze klein, elke onregelmatigheid kan leiden tot een spanningsconcentratie.

Afstand heklatgaten ten opzichte van de voorplaat
Roeden zijn rechthoekig samengestelde kokerbalken. Het krachtenverloop in de hoeken is bij een dynamisch belaste constructie als een molenroede het grootst. Daarom is het van belang dat de hoeken van de balk zo min mogelijk worden verstoord.

Uit roedebreuken die zijn veroorzaakt door foutief gedetailleerde heklatgaten blijkt dat de onregelmatig gevormde gaten spanningsconcentraties veroorzaken. Hierdoor treedt vermoeiing en kerfwerking op. Deze spanningsconcentraties kunnen zich tevens manifesteren als het materiaal op belangrijke plaatsen is onderbroken zoals in het geval wanneer een heklatgat dicht op de voorplaat is gemaakt. De richtlijnen hebben altijd geadviseerd om hiervoor 20 mm aan te houden als minimale afstand tussen de voorplaat en heklatgat. Dit komt ongeveer neer op de dikte van het bordschroot. Gebleken is dat deze afstand voor met name grotere wiekenkruizen te klein is. De Hollandsche Molen adviseert daarom bij nieuwe roeden langer dan 22 meter een grotere afstand aan te houden tussen voorplaat en heklatgat dan wat er in de richtlijn was omschreven. Een afstand van bijvoorbeeld 50 mm is dan beter waardoor de hoek van de balk beter intact blijft. Uiteraard worden dan de bovenste heklatten uitgekluft zodat de bordzijde gelijk komt te liggen met de voorzijde van de roede.



Heklatgat dicht op voorplaat

Afmetingen van heklatten

De laatste decennia is het voorgekomen dat zware houtsoorten zijn toegepast in hekwerk. Vanuit veiligheidsoogpunt (het klimmen in hekwerk) is dat te begrijpen. In het verleden werd hekwerk soms ook lichter vormgegeven. Het verdient de aanbeveling om te onderzoeken of het hekwerk historisch gezien dezelfde houtzwaarte had als nu aan de roeden aanwezig is. Uiteraard dient ook het nieuwe hekwerk zijn functie goed en veilig te kunnen vervullen. Een lichter vormgegeven hekwerk heeft in relatie tot de roeden als voordeel dat er gewicht wordt uitgespaard. Ook wordt er minder materiaal uit de roede weggenomen voor het te maken heklatgat. Tot slot kan doorbuiging van het hekwerk piekbelasting voorkomen in zware buien. Bij incidenten is gebleken dat het bezwijken van hekwerk roeden en assen heeft gespaard. Het breken van enkele heklatten brengt aanzienlijk minder veiligheidsrisico's met zich mee dan het bezwijken van een roede.

6.3.5 Overige sparingen

Toebehoren roeden op lasnaden

Zorg dat lasnaden rondom vrij blijven van klampen en andere toebehoren op een roede. De las blijft hierdoor goed zichtbaar en wordt niet verzwakt doordat er bijvoorbeeld bouten zijn aangebracht.



Ontwateringsgat in stuiklas.

Ontwateringsgaten

Over het toepassen van ontwateringsgaten (conform de richtlijn: Ø12 mm) wordt divers gedacht. Een meerderheid van roedemakers geeft de voorkeur aan het aanbrengen van deze gaten welke opvatting De Hollandsche Molen ook deelt. In het verleden hebben ontwateringsgaten geen aanleiding gegeven tot risicovolle gebreken.

Zorg ervoor dat de gaten zodanig zijn aangebracht dat deze niet bij een stuiklas worden geboord. De afstand van 100 mm, zoals weergegeven in de ingetrokken richtlijn, dient daarbij in acht te worden genomen. De positionering van ontwateringsgaten kan zodanig worden gekozen dat deze gemakkelijk verplaatst kan worden. De ontwateringsgaten dienen ook open te blijven en het verdient de aanbeveling dit te controleren.

Het kan voorkomen dat in bestaande roeden geen ontwateringsgaten zijn aangebracht. In deze gevallen adviseren we de molen voldoende komend of overhek weg te zetten zodat de roeden goed kunnen drogen. Als de molen precies recht staat, hoopt zich veel water op waardoor vocht, vuil en corrosie elkaar kunnen versterken. De liggende roede moet dus goed kunnen afwateren, ook als er geregeld een ander end beneden wordt gezet.

6.3.6 Tuigage

Verandering van wieksysteem

Voor zwaardere wieksystemen geldt een zwaarder roedenontwerp. Als bestaande roeden worden voorzien van een ander (zwaarder) wieksysteem heeft dit grote consequenties voor de levensduur. Hier bevelen we aan dat roeden waar dit het geval is (geweest) spoedig worden nagezien.

6.4 Gebruik

6.4.1 Informatie over samenstelling instructie en gebruiksrichtlijnen

Dossieropbouw

Nieuwe roeden worden op verschillende manieren opgeleverd. Een niet-destructief onderzoek als onderdeel van een opleverdocument, waarvan de uitkomsten aan de moleneigenaar ter beschikking worden gesteld, is lang niet overal gebruikelijk. Deze informatie is echter van belang. Wij adviseren alle roedemakers om de informatie van geleverde roeden (berekeningen, tekeningen, controles e.d.) uit de archieven alsnog actief te delen met de moleneigenaren aan wie de roeden zijn geleverd. Met deze informatie kunnen zij beschikken over de exacte informatie over de samenstelling van de roeden. De informatie is nadrukkelijk niet om te becommentariëren of om met elkaar te delen. Eigenaren dienen vertrouwelijk met de aan hen ter beschikking gestelde informatie om te gaan. Deze informatie dient als nulmeting en is de eerste stap naar dossiervorming.

Omdat roeden een groot effectrisico in zich dragen beveelt De Hollandsche Molen aan om een dossier op te bouwen over aanwezige roeden. Naast de oplevergegevens die we hierboven omschrijven adviseren we bij te houden wanneer de roeden zijn doorgehaald, wat de actuele plaatdiktes zijn, welke controles (bijvoorbeeld op lasnaden) er zijn uitgevoerd en wat hiervan de uitslag was. Door deze controles regelmatig uit te voeren wordt inzichtelijk hoe de roede met de tijd degradeert. Van belang is dus dat wordt ingezet op een eenduidige manier van meten. Meet op dezelfde plekken de plaatdikte en controleer dezelfde lasnaden indien men de degradatie wil volgen. Daarbij dient men te vermelden welke incidenten (overbelasting van de roeden) er hebben plaatsgevonden en welk end hierbij betrokken was. Stond het wienenkruis nog vast bij het kruien? Hoe verliep dat? Is de molen in aanraking geweest met een kruipaal, vastgeslagen op of aan een stellinghaak? Is er schade aan hekwerk ontstaan bij een bui waarin de molen nog met zeilen stond? Dergelijke meldingen moeten via de molenaar in het dossier terecht komen. Het kan zijn dat de roeden behandeld zijn geweest op een manier waarop deze niet is berekend. Bij een inspectie kan daar dan rekening mee worden gehouden.

Gebruiksaanwijzing

Zeer zelden wordt een document of informatie verstrekt over hoe een roede is ontworpen of hoe

deze zou moeten worden behandeld. Het lijkt wellicht vanzelfsprekend wat er met een roede moet gebeuren: draaien. Uit het onderzoek blijkt echter dat overbelasting van een roede, iets wat in de praktijk regelmatig gebeurt, van grote invloed is op de levensduur van de roeden. Gegevens hierover bereiken eigenlijk nooit de eindgebruiker, de molenaar. Deze is dus geheel onbekend met de gevolgen die een incident kan hebben op de levensduur van de roeden. Na een incident wordt een roede niet standaard aan een constructief onderzoek onderworpen. Bij overbelasting moet worden gedacht aan kruien terwijl de roede nog vaststaat, piekbelasting bij weersextremen waarbij (delen van) het wieksysteem beschadigd raken, vastslaan van het wiekenkruis of een verkeerde wijze van transport van de roeden. Bij dit laatste zijn met name de transporteur en de molenmaker betrokken. Een heldere instructie over hoe en waar roeden moeten worden opgelegd en aangepikt is van belang.

6.4.2 Risicobeheersing bij het in werking stellen van de molen

Het behandelen van de molen door de molenaar is van invloed op het degradatieproces van het wiekenkruis. Een molen is een handbediende machine zonder beveiliging tegen overbelasting. Naast de signalerende rol die de molenaar kan hebben (hier komen we later op terug) is de molenaar ook de persoon die door verstandig handelen overbelasting kan voorkomen.

Wegzetten van de molen

Het is algemeen bekend dat het goed is als de molen regelmatig draait. De voordelen zullen we niet allemaal benoemen, maar in relatie tot het wiekenkruis zijn twee algemene zaken van groot belang. Ten eerste zorgt draaien ervoor dat de roeden met tuigage goed kunnen drogen. Ten tweede is het belangrijk dat het kruis telkens in een andere stand met een ander end beneden wordt weggezet.

Als de molen telkens met hetzelfde end naar beneden wordt weggezet, hoopt vocht en vuil zich op dezelfde plekken op. Dit geldt zowel voor in de roeden als in de askop. Er treedt gemakkelijker corrosie op en houtwerk gaat sneller rotten. Het bovenste end waait als eerste droog, de onderste voert het vocht af naar beneden en blijft aanmerkelijk langer nat. Door geregeld van end te wisselen wordt dit gelijkmatig verdeeld. Molenaars wordt aangeleerd dat bij stilstand de horizontale roede met de keer-kloszijde

naar beneden moet liggen. Er is geen reden om deze praktijk voort te zetten en de gedachtegang hierachter is onjuist. De klemkracht die verkregen wordt bij het aanslaan van de roedewiggen is noodzakelijkerwijs vele malen groter dan het eigen gewicht van het wiekenkruis. Bovendien worden de roedewiggen die dan altijd bovenop liggen aan de weerselementen blootgesteld terwijl deze juist zo essentieel zijn om de roeden vast te zetten.

Een ander veel voorkomend gebruik is om altijd een end van de binnenroede beneden te zetten. In geval van een met zeilen uitgeruste molen is dit ingegeven vanuit de gedachte dat daar als eerste het zeil wordt gevoerd. Ook wordt wel aangegeven dat dat beter is vanwege het krachtverloop in de askop. De binnenroede waaraan bij stormweer wordt getrokken bevindt zich dicht bij de kap, waardoor de askop minder te verduren krijgt. Dit gebruik is echter afkomstig uit de tijd dat de bovenassen van hout waren. Gietijzeren bovenassen zijn aanzienlijk sterker en de benadering van het krachtenverloop is in veel mindere mate van toepassing op gietijzeren assen.

In sommige regio's is het juist gebruikelijk altijd een end van de buitenroede beneden te zetten. Het is niet vast komen te staan dat juist waar dit gebruik wordt toegepast, er ook meer schade aan de askop wordt geleden. Molens met het Ten Have-systeem zetten de roede waarmee deze is uitgerust natuurlijk altijd horizontaal weg. Voor deze tuigage geldt dus dat het aanbevelenswaardig is om de staande roede regelmatig van end te wisselen.

Deze zelfde benadering geldt ook voor het vaker zeil voeren of voeren van meer zeil op de binnenroede ten opzichte van de buitenroede. Sommige molens malen prettiger met het zeil op de binnenroede als er met twee (halve) zeilen voldoende vermogen ontstaat om de molen te laten functioneren. Bij molens met een grote romp kan het zijn dat er juist meer/eerder zeil gevoerd wordt op de buitenroede om de nadelige effecten van zeilslag te verminderen. Het is niet verkeerd om langer zeil te voeren op de buitenroede, zeker wanneer het om halve zeilvoeringen gaat. Zo worden de beide roeden vaker op eenzelfde manier belast. Als de molen met vier zeilen draait, is het niet ingewikkeld om met de buitenroede te eindigen bij het inhalen.

Wanneer de molen in zware weersomstandigheden in de ketting loopt, ontstaat er een groot moment in het onderste end. Drie enden stuwen hevig voorwaarts terwijl



Roedeketting met voldoende speling

één end aan het uiteinde wordt tegengehouden. Hier komen zeer grote krachten bij kijken. Om deze reden is het ook verstandiger telkens een ander end beneden te zetten zodat alle enden gelijkmatig worden belast. Het verdient ook nog de nadrukkelijke aanbeveling om de roeketting 'op vooruit' altijd met speling vast te zetten. Hierdoor kan de vang dan goed 'aanhalen'. Pas als de molen door de vang loopt, wordt de ketting aangeregen. Op die manier worden de roeden niet onnodig belast.

Moleneigenaren moeten ervoor zorgen dat op alle einden de vereiste voorzieningen aanwezig zijn. Op elk end een bliksembeveiliging en een bevestigingspunt voor de roedeketting. Bij controle van de bliksembeveiliging moeten alle vier bevestigingspunten worden gecontroleerd. Het uitvoeren van de bliksembeveiliging controle moet altijd plaatsvinden in aanwezigheid van de molenaar.

Andere te voorkomen belastingen

Hoewel het niet de bedoeling is, komt het voor dat de molen per ongeluk wordt gekruid terwijl het gevluht nog

vaststaat aan de ketting of bliksemafleider. Zeker bij een zwaar kruierende molen kan het dan even duren voordat wordt opgemerkt dat de molen inderdaad nog vast staat. Ook als er gebruik gemaakt wordt van een motortje of een elektrische lier is het van groot belang dat men extra oplet. De trek- en drukspanningen in de roede zijn in zo'n geval zeer groot! Bij een incident in 2021 is in zo'n situatie de ingelaten pal verbrijzeld, hetgeen een indruk geeft welke krachten daarbij zijn vrijgekomen. Wij benadrukken dat over dergelijke incidenten niet te licht moet worden gedacht. Het kan de roede zodanig belasten dat deze zelfs enigszins vervormt. Zo'n incident moet altijd in het roededossier gemeld worden. Op deze manier kan er met extra aandacht worden gekeken naar de overbelaste roede.

Regelmatig worden roeden als hijsinstallatie gebruikt. Bekend is dat op moeilijk te bereiken plaatsen het wiekenkruis nodig is om bijvoorbeeld een lange spruit te steken of om een windpeluw in te hijsen. Het hijswerk aan de toppen van de roeden brengt zeer grote spanningen met zich mee. Gelukkig worden de toppen meestal wel keurig met elkaar verbonden zodat de krachten worden verdeeld. Het gebruik van roeden als hijsinstallatie moet tot een minimum worden beperkt als er echt geen andere opties zijn. Het is dan ook zaak dat heel zorgvuldig te doen. Dit is ook strikt molenmakerswerk.

In een enkel geval is het zogenaamde 'wiekdraaien' in de praktijk gebracht. Om allerlei veiligheidsredenen is dit onwenselijk, maar ook voor de roeden is dit niet bevorderlijk. Constructief gezien is de top van de roede het ongunstigste om te belasten. De persoon en de constructie waarin deze is bevestigd hebben een serieus gewicht welke ook nog eens aan het andere end moet worden gecompenseerd. Door hiermee te draaien wordt de roede onnodig zeer ernstig belast.

Afzetten wiekenkruis

Het gebied rond het wiekenkruis is altijd afgezet als de molen in bedrijf is. Als er twijfels bestaan over de staat van de roeden of het hekwerk is het aanbevelenswaardig om bij grondzeilers de afstand tussen afzetting en wiekenkruis te vergroten. Men is geneigd dit vaak tamelijk 'strak' af te zetten maar hou dit ruimer tot op bijvoorbeeld het hart van de molen. De ene helft van het erf is voor het draaiende wiekenkruis, het andere gedeelte voor molenaar en bezoekers. Dit vermindert de risico's om getroffen te worden door vallende onderdelen.

Inrichting molenomgeving

Denk bij het inrichten van de molenomgeving na over de risico's bij een roedebreuk. Bij veel molens zijn bankjes geplaatst. Staan deze op bijvoorbeeld voldoende afstand van de molen? Bij moderne windturbines is in richtlijnen aangegeven hoe men omgaat met de inrichting van de directe omgeving. Deze turbines staan altijd vrij en is er een risicozonering aanwezig. Uiteraard leent zo'n aanpak zich niet voor traditionele molens. Maar het kan zinvol zijn om hier toch enige risicoanalyse te doen. De molen is van oudsher al een centraal punt. Het komt het meermaals voor dat er speeltuintjes of andere voorzieningen rondom de molen zijn gesitueerd. In feite dient dit om het verblijf in de onmiddellijke nabijheid van de molen te stimuleren. Overweeg of het mogelijk is de indeling van iets degelijks zodanig bij te stellen dat deze niet direct binnen het valbereik van het wiekenkruis bevindt. Ook hekwiggen of windborden kunnen losraken en leveren een serieus gevaar. Het is verstandig om bij een herinrichting van de molenomgeving de gemeente (of ander daarvoor verantwoordelijk orgaan) bewust te laten zijn van de risico's, hoe klein die ook mogen zijn.

Is het molenerf eigendom van een stichting, dan is deze verantwoordelijk voor de veiligheid van de molenaar en bezoeker. Het is van groot belang dat we de molen middenin de maatschappij zetten, maar bewustwording van de risico's is essentieel. Bij een roedebreuk is altijd sprake van rondvliegende brokstukken die verwondingen tot gevolg kunnen hebben.

6.5 Reparaties aan bestaande roeden

Tijdens dit onderzoek zijn grote verschillen aan het licht gekomen over het repareren van roeden terwijl deze in de molen aanwezig zijn. Technisch en constructief gezien staat het repareren van roeden in situ kwalitatief niet in verhouding tot de eisen die aan laswerk voor roeden worden gesteld. Hetzelfde geldt voor het aanbrengen van trekplaten in de as of over de stuiknaden. Men dekt daarmee de al gebrekkige, risicovolle las af waardoor deze tegelijkertijd minder goed zichtbaar wordt. Ook brengt het lassen aan verouderd staal van onbekende samenstelling en kwaliteit veel problemen met zich mee. Hiermee worden nieuwe spanningen in de roeden geïntroduceerd en op de resultaten van deze werkzaamheden kan geen garantie worden gegeven. Het repareren van slechte roeden heeft in sommige gevallen een te grote verwachting gewekt en heeft soms zelfs alsnog tot breuk geleid, zoals bijvoorbeeld

bij de Groetermolen en de poldermolen Wadenoijen. In andere gevallen heeft deze methode wel succes gehad in het verlengen van de levensduur van twijfelachtige roeden, bijvoorbeeld bij enkele molens van de Kinderdijk en de molen no. 2 in Aarlanderveen.

Het repareren van bestaande roeden moet nadrukkelijk gezien worden als een tijdelijke oplossing die enige jaren uitstel kan geven. Als er twijfels bestaan bij roeden van 40 jaar of ouder is het raadzaam direct in te zetten op vervanging en niet te investeren in het repareren van de roeden of vervangen van tuigage.

Het komt ook voor dat de topeinden van roeden geheel of gedeeltelijk opnieuw worden aangebracht omdat deze ernstige corrosie vertonen. Wij raden dit ten zeerste af: het doorroesten van de topeinden geeft een indruk van de corrosie die op de gehele roede heeft ingewerkt. Als de topeinden slecht zijn, bevindt zich waarschijnlijk in de rest van de roede ook veel roestvorming. Dit mankement wordt dan door het vervangen van de toppen gemaskeerd. De plekken waar de spanningen het grootst zijn, worden niet hersteld. Daarbij neemt door het opnieuw aanbrengen van de toppen het gewicht aan de uiteinden toe, met alle gevolgen van dien op de al reeds verzwakte roeden.

6.6 Inspecties aan bestaande molenroeden

Een samenspel van factoren bepaalt of roeden wel of niet veilig zijn. In veel gevallen is er geen harde ja of nee, tenzij er natuurlijk sprake is van scheurvorming. Er wordt veel gevraagd om acceptatiecriteria voor het inspecteren van bestaande roeden. Deze zouden helpen bij het doormeten van lasnaden of controleren op plaatdikte. Er zijn ook suggesties gedaan om proefopstellingen te ontwerpen om vast te stellen wat er gebeurt als lasnaden onvolledig zijn. Wat voor krachten kan zo'n las dan nog verwerken? Bij de beantwoording van zo'n vraag zijn echter zo veel andere factoren van belang: staalsoort, laswijze, gebruiksregime, locatie, vlucht, leeftijd, wieksysteem dat het zeer moeilijk is hierop een gepast antwoord te geven. De collectie roeden in Nederland is zo divers dat het stellen van criteria geen doel zou treffen en juist zou kunnen leiden tot teveel afkeuringen of juist het tegenovergestelde. Het door ons als vervolg op dit onderzoek ontwikkelde inventarisatie-instrument biedt juist een methode om tot een categorisering van de roeden te kunnen komen. Met deze methode worden alle factoren meegenomen en resulteert deze in te nemen vervolgstappen.

Bestaande roeden kunnen op verschillende onderdelen worden geïnspecteerd en gecontroleerd. De uitkomsten hiervan geven een indruk over de staat van de roeden. Naar gelang de uitkomsten van de verschillende onderzoeken is een resterende levensduur bij benadering vast te stellen.

De wijze van onderzoek is nu bijzonder verdeeld. Daar waar de één zich beperkt tot bijvoorbeeld een onderzoek naar plaatdikte of lasnaden, is de ander in staat een waardeoordeel te kunnen geven doormiddel van kloppen tegen de roede. Juist het totaalbeeld en de resultaten van verschillende soorten onderzoek zijn nodig om een inschatting te geven van de resterende levensduur. Elke roede moet apart worden beoordeeld. Onderwerpen die daarbij van belang zijn, zijn meetresultaten (lassen, plaatdikte), de producent, de vlucht, het gebruiksregime, de zwaarte van de tuigage, de leeftijd en ligging in de omgeving. Andere zaken als onderhoudsgeschiedenis en visuele waarnemingen als afkomend roestwater dragen bij aan het complete beeld. Al die factoren samen vormen de onderbouwing om tot een afweging te komen.

De Hollandsche Molen adviseert dat de staat van de roeden nadrukkelijker zichtbaar wordt in het rapport van de monumentenwachter, molenadviseur of inspecteur, en dat deze ook contact heeft met de molenaar hierover. Het moment van opstellen van een Periodiek InstandhoudingsPlan om de SIM-subsidie te verwerven, is hiervoor een geëigend moment. Maar voor sommige molens zal er frequenter geïnspecteerd en gerapporteerd moeten worden. Op die manier ontstaat er kennisdeling en is de molenaar zich meer bewust van de toestand van de roeden. Als een monumentenwachter twijfels heeft is naast de eigenaar de molenaar diegene die daarvan als eerst op de hoogte moet zijn. Goed overleg en uitwisseling van kennis en ervaring tussen de partijen op dat punt is van belang.

In het molenveld gaan veel verhalen over 'slechte series' van bepaalde producenten. Uitzonderingen vormen echter de regel, en harde aanwijzingen voor zulke series zijn niet gevonden. De Hollandsche Molen adviseert daarom dat elke roede individueel beoordeeld moet worden in relatie tot alle afzonderlijke eigenschappen.

Een kenner die in staat is zich een beeld te vormen van de voornoemde zaken is in staat een restende levensduur te bepalen. Wat betreft specifieke controles volgen hier nog meer gedetailleerdere aanbevelingen.

De molenaar speelt een belangrijke rol bij het herkennen van gebreken aan roeden. Wij moedigen daarom aan dat de molenaar zich meer bewust is van de constructieve beperkingen van roeden. De molenaar is hier echter niet verantwoordelijk voor. Een signalerende functie, zoals de molenaar die ook behoort te hebben voor bijvoorbeeld loszittende kammen, slecht touwwerk of gebreken aan de vang, zou hem toebedeeld moeten worden. De molenaar kan bij het voorleggen van de zeilen visuele gebreken aan de bovenste lasnaden constateren. Tekortkomingen manifesteren zich vaak op de voorplaat. Een verkleuring signaleren die scheurvorming zou kunnen betekenen kan breuk voorkomen. Uiteraard moet men weten waarop te letten: de aanbeveling is dan ook om hier meer op in te zetten tijdens de molenaarsopleiding. Het roedendossier met de opleverinformatie speelt hier ook weer een rol in. De molenaar kan hierin kennis nemen van de positie van de stuiklassen. Uiteraard moet bij al deze waarnemingen rekening gehouden worden met de veiligheidseisen zoals deze gelden voor het werken op hoogte.

6.6.1 Doorhalen

Voor het op een goede manier in stand houden van de roeden is het noodzakelijk deze regelmatig door te halen. Daarbij wordt eens in de 10 jaar als norm gehanteerd. Het advies aan eigenaren is om deze regelmaat na te streven en de bevindingen in het roedendossier bij te houden.

Na het omhoog takelen moeten de roeden worden ontdaan van het eventuele EPDM of bitumen. Vervolgens moeten ze goed worden ontroest en opnieuw behandeld. Daarbij dienen droogtijd en voorschriften van de verfleverancier te worden nagestreefd om het beste resultaat te bereiken. De wiggen en keerklossen moeten ook behandeld worden. Belangrijk is dat de keerklos op het end dat omhoog staat ook verwijderd wordt om behandeld te worden. Het terugplaatsen van de roeden dient bedachtzaam te gebeuren om het beste resultaat van de actie te bereiken. Het geheel onbeschadigd terugplaatsen van de roede, keerklossen en vooral de wiggen zal niet zonder beschadigingen lukken. Maar door het op een juiste manier behandelen van de onderdelen kan wel het beste resultaat bereikt worden. De kwaliteit van het werk wordt voor een belangrijk deel ook bepaald door de weersomstandigheden. Een rustig en geschikt weertype dient bij het werk te worden afgewacht zodat de roeden rustig op de tijdelijke wiggen kunnen drogen.

Een uitzondering op het hanteren van de gebruikelijke cyclus van 10 jaar vormen de molens die zich in de kustregio bevinden. Een regelmaat van om de 6 jaar is in zoute klimaten niet verkeerd gebleken. Deze valt daarmee vaak gelijk met het uitvoeren van regulier schilderwerk en de cyclus die de SIM hanteert.

Als de roeden van weervast staal zijn vervaardigd kan mogelijk een langere cyclus worden overwogen van bijvoorbeeld 12 jaar. Echter kan dit pas worden vastgesteld als blijkt dat de roeden na de eerste 10 jaar weinig aangetast zijn.

6.6.2 Controle op plaatdikte

Plaatdiktemetingen zijn een goed middel om te constateren of er sprake is van materiaalafname. Een roede heeft bij de productie bepaalde plaatdiktes op bepaalde plaatsen. Het is dus van belang te weten wat de plaatdikte was toen de roede de werkplaats verliet. Deze is op de bouwtekening terug te vinden. Ook kan de oorspronkelijke plaatdikte worden herleid door op verschillende plekken te meten. Hiermee wordt tevens voorkomen dat roest als dikte van de plaat wordt geïnterpreteerd.

Het meten gebeurt altijd rondom de askop. Hier wordt de roede het zwaarste belast en zijn de effecten van corrosie het meest risicovol. Het is van belang telkens te meten op dezelfde posities en die uitkomsten goed bij te houden. Dit door deze bijvoorbeeld in te tekenen op de bouwtekening, vast te leggen met foto's of zelf een schets te maken en deze onderdeel te laten zijn van een op te bouwen dossier. Vooral op de randen van het ashuis ontstaat op den duur putcorrosie. Wij bevelen aan om ook op andere plekken op de roede de plaatdikte te meten. Zo ontstaat er een steeds completer beeld van de degradatie van het materiaal. De roede is ontworpen met een bepaald plaatschema, afname van materiaal heeft invloed op de sterkte.

6.6.3 Controle op lasnaden

De laatste jaren is steeds meer de nadruk komen te liggen op de inspectie van stuiklasnaden. Vaak is dit een afkeuringsgrond. Er zijn verschillende methodes in gebruik. Het eenvoudigste is een visuele inspectie aan de buitenzijde van de roeden. Als op of naast de las zich een onregelmatigheid aftekent, in combinatie met lijnvormige roestvorming, kan er hier sprake zijn van een scheur.

Scheurvorming betekent dat de constructie bezwijkt. Dit is een oncontroleerbare situatie. In het resterende materiaal nemen de spanningen toe en het scheuren zal zich (in een verhoogd tempo) doorzetten. Als dit het geval is, is een direct draaiverbod noodzakelijk en moeten de roeden worden vervangen. Scheurvorming heeft op relatief korte termijn breuk tot gevolg, waar een onvolledige las mogelijk al tientallen jaren onontdekt probleemloos heeft gefunctioneerd.

Een effectieve eenvoudige controlemethode is het uitnemen van een heklat ter hoogte van een las rondom de askop. Met een compacte camera of endoscoop is de doorlassing aan de binnenzijde zichtbaar. Bovendien ontstaat dan een indruk van de toestand aan de binnenzijde wat betreft corrosie en ophoping van vocht en vuil. Ook de omgeving nabij het wigshot wordt zichtbaar. Een onvoldoende doorlassing betekent dat de roeden niet de constructieve sterkte hebben waarop deze zijn berekend. De levensduur zal dan korter zijn. Voorplaten zijn doorgaans niet doorgelast daar deze vaak als laatste (sluit)plaat op de roede werden aangebracht.

Met de visuele methode aan de buitenzijde alsook een onderzoek d.m.v. het verwijderen van een heklat is al veel informatie te verkrijgen. Daarnaast kunnen ultrasoon onderzoek, wervelstroomonderzoek en ToFD (Time-of-Flight Diffraction) allen zinvolle aanvullende informatie geven. Bij zulk gedetailleerd onderzoek moet men zich ervan bewust zijn dat het aantreffen van onregelmatigheden in ouder laswerk in veel gevallen aan de orde zal zijn. De uitkomsten van deze onderzoeken moeten altijd in een bredere context worden geïnterpreteerd. Extra factoren zoals het gewicht van de tuigage, de hoeveelheid draaien en de vlucht moeten meewegen in de beoordeling of de risico's op roedebreuk beheersbaar zullen zijn.

Een onregelmatigheid in een las hoeft niet te leiden tot het onmiddellijk afkeuren van de gehele roede. Zeker niet als deze nog relatief jong is en dus weinig aan constructieve slijtage als gevolg van het draaien is blootgesteld. Daarbij zal de aantasting door corrosie bij jonge roeden weinig invloed hebben gehad op afname van de sterkte. In oude lassen zijn zeer regelmatig onvolkomenheden waar te nemen. Het is bekend dat dergelijke onvolkomenheden ook 50 jaar lang probleemloos hebben kunnen functioneren in roeden. Het is daarom aan te raden de uitkomsten van dergelijke onderzoeken

in de loop der jaren enkele keren te herhalen zodat zichtbaar wordt of en in welke mate er sprake is van degradatie.

Vastgesteld kan worden dat ToFD-onderzoek het meest nauwkeurig is. Dit type onderzoek is relatief nieuw en komt voort uit de meetmethoden voor hoogwaardig laswerk in offshore-pijpleidingen. Het is belangrijk dat we ons ervan bewust zijn dat er geen acceptatiecriteria voor molenroeden zijn opgesteld. Aan oude molenroeden zal het laswerk anders zijn dan in hoogwaardige gasleidingen op zee. Een ToFD-onderzoek resulteert in (digitale) beelden die opgeslagen kunnen worden en ter vergelijking gebruikt kunnen worden om te zien of er sprake is van achteruitgang van de constructieve sterkte. Bij nieuwe roeden is het van belang dat de eigenaar in zijn roedendossier kan beschikken over de meetgegevens na de productie. Die informatie is uitermate zinvol wanneer de roeden later aan een nauwkeurig onderzoek worden onderworpen.

6.6.4 Overige te inspecteren zaken

Vorming heklatgaten

In de roedeconstructie zijn de eerste heklatgaten als zwak punt gedefinieerd. Verschillende keren waren onjuist aangebrachte heklatgaten de oorzaak van een breuk. In alle gevallen waren dit grote molens (vlucht > 22 meter) en molens die veel draaien. Uit de onderzoeken is naar voren gekomen dat er langere tijd sprake is geweest van scheurvorming rondom de hekgaten. Aanbevolen wordt om bij de controle van molenroeden de eerste heklatgaten visueel te inspecteren. Indien de hoeken van de heklatgaten géén radius van 6 mm hebben, zal het onderzoek regelmatig moeten worden herhaald.

Hoeveelheid draaien

Bij het bepalen van de resterende levensduur dient er rekening gehouden te worden met de belasting waaraan de roede is blootgesteld. Roeden in een molen die dus 5 of meer dagen per week in bedrijf is geweest en derhalve miljoenen omwentelingen heeft gemaakt, zullen eerder vervangen moeten worden.

Vlucht

Hoe groter de vlucht, hoe groter de constructieve belasting zal zijn. Bij oudere roeden waar al enige mankementen zijn ontstaan zullen spanningsconcentraties zich eerder manifesteren. Wij bevelen daarom aan om roeden van 28 meter of meer eerder te vervangen.

Wiekstelsel (gewicht tuigage)

Evenals de draaigeschiedenis en de vlucht heeft het gewicht van de tuigage grote invloed op de levensduur van de roeden. Verschillende keren is bij een molen een hardhouten hekwerk gestoken, wat uitkomt in de honderden kilo's extra gewicht. Ga daarom na of er sprake is van onnodig zware hardhouten systemen die het gewicht verhogen en vervang deze eventueel door lichtere tuigage. Hierbij dient men er ook rekening mee te houden dat de roeden dan al zwaarder belast zijn geweest en dat wellicht vervangen van de roeden ook een verstandige afweging is.

6.7 Monumentale waarden

Slechts in uitzonderlijke gevallen worden aan roeden monumentale waarde toegekend. Waar in de monumentenzorg het behoud van 'oorspronkelijk' materiaal een eerste vereiste is, is dit bij roeden niet de intentie. Veel oude roeden worden na verwijdering verschroot. Toch is de huidige collectie roeden voor de toekomst interessant en zijn sommige het behouden waard. De oudste gelaste roeden zijn nu, of zeer binnenkort, aan het einde van hun levensduur. Daarbij rijst nu de vraag wat de cultuurhistorische waarde is van deze roeden. We adviseren om tot een verkennend onderzoek te komen waar de visie op de collectie roeden vorm krijgt. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek en is in onze ogen een taak van de RCE.

Momenteel beschikken we nog over een ruime sortering roeden van veel verschillende fabrikanten. Waar deze diversiteit juist het onderhoud en het bepalen van de resterende levensduur lastig maakt, is deze diversiteit ook van cultuurhistorisch belang. Bepaalde roeden beschikken over eigenschappen die kenmerkend zijn voor de fabrikant of het ontwerp. Een speciale zeeg, streekeigen kenmerken, topzwaarte en biljoening zijn zaken die bijvoorbeeld overgenomen zouden kunnen worden in het ontwerp van nieuwe roeden. Hier geldt dat een visie op de collectie roeden van belang kan zijn om keuzes hierin te verantwoorden.

Roedeplaatjes

In veel molens komt men zogenaamde roedeplaatjes tegen. Deze is vaak losgemaakt van de roede wanneer die werd vervangen en uit curiositeit is het ergens opgehangen. Het is altijd goed om zo'n plaatje, dat iets vertelt over de



Potplaatje

geschiedenis van de molen, te behouden en ergens in de molen te bevestigen.

Geklonken roeden

Op het gebied van geklonken roeden is er speciale aandacht nodig wat betreft de monumentale waarde van roeden. Met het eigen maken van klinktechnieken worden er sinds enkele jaren weer nieuwe geklonken roeden gemaakt. Er is steeds meer belangstelling voor dit type roeden, waar de keuze om dit type aan te schaffen vaak door historische redenen wordt ingegeven. Hoogwaardige geklonken roeden zijn in het verleden erg succesvol en zeer duurzaam gebleken, getuige het relatief grote aantal Potroeden van rond de honderd jaar oud die nu nog draaien. Nieuwe geklonken roeden zijn echter aanzienlijk kostbaarder in aanschaf en ingewikkelder in fabricage dan gelaste roeden. Ten opzichte van het een eeuw geleden gebruikte staal is de materiaalsamenstelling nu heel anders. Daarbij komt dat het tegenwoordige gebruiksregime ook van een heel andere orde is dan roeden van rond 1900. Uiteraard hebben de nieuwe geklonken roeden zich nog niet bewezen zoals de oude Potroeden dat hebben gedaan, maar wij volgen met belangstelling hoe deze roeden met doorgevoerde verbeteringen zich zullen gaan houden.

Voor nieuwe roeden adviseren we de keuze voor wel of niet klinken te maken zodra het belang daarvan vanuit de historie van de molen is bepaald. Momenteel zijn de reproducties in zwang geraakt van de roeden naar het model van de firma Pot. Het terugplaatsen van andere type geklonken roeden is ook interessant als is aangetoond dat een molen deze specifiek heeft gehad. In specifieke gevallen juichen we dergelijke ontwikkelingen toe omdat het de monumentale waarde van de specifieke molen verrijkt en dus ook de collectie molens en molenroeden.



Schade aan binnenzijde kap na roedebreuk

De Hollandsche Molen beveelt daarom aan om bij vervanging van roeden te vragen naar een bouwhistorische verkenning waarin de keuzes op basis van historische gronden worden gemotiveerd. Hierin dienen ook zaken als toegepaste wiekssystemen in ogenschouw te worden genomen. Hierdoor kunnen de afwegingen in de juiste historische context worden geplaatst.

Beschadigingen aan monumentale onderdelen

Gelukkig zijn er bij de roedebreuken uit het verleden weinig monumentale onderdelen van molens beschadigd geraakt. Het is echter niet ondenkbaar dat bij een breuk onherstelbare schade aan de bovenas ontstaat of dat de kap, molenromp of gaande werk van de molen beschadigd raakt. In Schermerhorn kwam de bovenas zelfs uit de pen vandaan. Dus ook in de bescherming van de monumentale waarde van de molens dient het terugdringen van het aantal roedebreuken een belangrijk doel.

7. Aanbeveling per sector

7.1 Aan roedemakers & constructeurs

- a. Normering aan laswerk dient te alle tijden zo goed mogelijk te worden nagestreefd en nageleefd.
- b. Betrokkenen bij de samenstelling van de roeden dienen over de in de beroepsgroep gehanteerde kwalificaties en ervaringseisen te beschikken.
- c. Laat het laswerk (bij voorkeur door een onafhankelijke partij) controleren.
- d. Zorg voor afwerkingen die eenvoudig te onderhouden zijn zodat de roeden meegenomen kunnen worden in de onderhoudscyclus.
- e. Wees terughoudend met het verzinken van molenroeden.
- f. Verstrek opleverdocumenten zodat de moleneigenaar weet wat hij geleverd krijgt, waarin minimaal opgenomen zijn:
 - Tekeningen (waarop tenminste zijn aangegeven de stuiklasnaden en plaatdikte).
 - Gehanteerde berekenmethodes.
 - Gegevens die van belang zijn voor constructief veilig transporteren en steken van de roede.
 - Lasmethode, -criteria en gehanteerde normeringen.
 - Inspectie- en keuringsplan.
 - Meet- en NDO-rapporten (waaronder visueel, magnetisch en ultrasoon vóór conserveren).
 - Kwalificaties van de lassers.
 - Gegevens en herkomst plaatmateriaal.
 - Informatie over afwerkingen (binnen, buiten).
 - Alle relevante documentatie waaruit blijkt dat procedures goed zij doorlopen.
- g. Verstrek eigenaren, eventueel via de molenmaker/ hoofdaannemer, waar roeden in het verleden zijn geleverd, alsnog zoveel mogelijk van bovenstaande gegevens. Hierdoor kan bij inspectie, toekomstig onderhoud e.d. over deze informatie worden beschikt.
- h. Pas weervast staal toe voor nieuwe molenroeden. Als hiervan wordt afgeweken, motiveer dit dan.
- i. Slijp de lassen vlak en bewerk deze na zoals vereist is bij laswerk van dit niveau.
- j. Zorg voor voldoende radius in de hoeken van de heklatgaten.
- k. Onderzoek de stuiklasnaden en plaatovergangen verder van elkaar af plaatsen waardoor er een gelijkmatiger krachtverloop ontstaat.
- l. De plaatranden in het heklatgat dienen vrij van inkervingen (als gevolg van slijp- of vijlwerkzaamheden) op de dwarsrichting te zijn.
- m. Ontwerp de roeden zodanig dat de bovenste heklatgaten verder van de voorplaat worden geplaatst. Bij grotere molens is het van belang dat deze maat meer wordt dan de 20 mm die in de oude richtlijn was genoemd.
- n. Zorg dat de bevestiging van wigschotten eenvoudig wordt vormgegeven en het schot een behandeling aan de binnenzijde niet hindert. Er dient op de plaats waar het krachtenverloop groots is niet of nauwelijks aan de roeden te worden gelast.
- o. Bepaal de positie van het wigschot op basis van de gegevens (lengte) van het ashuis.
- p. Draag bij aan de ontwikkeling van verbeteringen die bijdragen aan een vloeiend krachtenverloop in de roede!

7.2 Aan molenmakerijen

- a. Pas bij het bestellen van roeden de middenzwaarte aan aan de binnenmaat van het ashuis.
- b. Gebruik een oplegmateriaal tussen ashuis en roeden, tenzij daar gemotiveerd van afgeweken wordt.
- c. Het gebruik van eikenhout resulteert in het inwerken van looizuren op het staal. Conserveer het materiaal goed of overweeg een andere houtsoort.
- d. Indien hekgaten van de bovenste heklatten verder terug liggen van de voorplaat, kluft deze dan zodanig uit dat de voorzijde van het windbord één vlak vormt met de voorplaat van de roede.
- e. Gebruik het wiekenkruis niet om zaken aan op te hijsen. Doe dit alleen als dat echt niet anders kan en zorg voor verstaging om de krachten te verdelen.
- f. Molenmakers hebben vaak tevens de rol van adviseur. Zie dus ook: molenadviseur.
- g. Hou rekening met het gewicht van de tuigage: pas geen hardhout toe voor heklatten.

7.3 Aan moleneigenaren

- a. Inventariseer de roeden in de molen(s) en maak indien nodig een plan voor uitfasering van risicoroeden.
- b. Bouw aan een roedendossier per roede. De Hollandsche Molen levert hiervoor een structuur.

- c. Indien één roede wordt vervangen, overweeg ook de andere roede gelijk nieuw te steken als deze van vergelijkbare leeftijd zijn.
- d. Alle enden moeten zijn uitgerust met een bevestigingspunt voor de bliksembeveiligingskabel en roedeketting.
- e. Hanteer een cyclus van 10 jaar voor het doorhalen van de roeden. In de kustregio is 6 jaar te hanteren, bijvoorbeeld samenvallend met een schilderbeurt.
- f. Richt de molenomgeving zo in dat deze minder uitnodigt voor een langer verblijf van personen, met name bij stellingmolens.
- g. Verbied het zogenaamde 'wiekdraaien' op molens.
- h. Indien één roede slecht is en vervanging lange tijd op zich laat wachten, overweeg dan deze slechte roede te verwijderen. De molen kan dan met één roede doordraaien.
- i. Reparaties en/of het aanbrengen van trekplaten zijn om het vervangen nog enige tijd te rekken. Het is geen duurzaam herstel van de roede. Weeg af of het repareren een zinvolle investering is.
- j. De binnenzijde de roede kan met behulp van een compacte camera of endoscoop geïnspecteerd worden door een heklat te verwijderen.
- k. Vraag bij de molenmaker (of roedemaker) de gegevens op van de roeden die in de afgelopen decennia zijn geleverd.
- l. Bespreek uitkomsten van inspectie of metingen ook met derden als molenmaker, molenaars en molenadviseur om tot vervolgstappen te komen.

7.4 Aan molenaars

- a. Zet na elke draaidag een ander end beneden.
- b. Zet het gevluht ruim af zodat de kans dat molenaars of bezoekers worden getroffen door onderdelen wordt verkleind.
- c. Wees opmerkzaam voor ongewone gedragingen of geluiden uit het wiekenkruis.
- d. Wees opmerkzaam voor roestspootjes en scheurvorming ter hoogte van de bovenste hekgaten bij het voorleggen van de zeilen.
- e. Behandel de molenroeden zoals van een goed molenaar mag worden verwacht. Een molen is handbediend, er is geen beveiliging tegen overbelasting.
- f. Roedekettingen (of -touwen) moeten met speling

worden vastgezet.

- g. Zet de molen komend weg als er geen ontwateringsgaten aanwezig zijn.
- h. Leg incidenten (overbelastingen) vast.
- i. Gebruik het wiekenkruis niet om onderdelen of goederen aan op te hijsen.

7.5 Aan molenadviseurs

- a. Roedemakers en hoofdaannemers zijn verantwoordelijk voor hun geleverde werk. De adviseur bepaalt niet het constructief ontwerp.
- b. De adviseur draagt, gezien zijn specifieke ervaringen, bij aan verbeteringen van ontwerp en inspectie
- c. Indien één roede wordt vervangen, overweeg ook de andere roeden gelijk nieuw te steken.
- d. Maak de afweging in hoeverre het zinvol is bij oudere roeden onderhoudswerk te verrichten (zoals aanbrengen van nieuwe heklatten en tuigage) als de restduur niet duidelijk vast te stellen is. Adviseer tijdig in te zetten op vervangen van de roeden.
- e. Hou rekening met het gewicht van de tuigage: pas geen hardhout toe voor heklatten.
- f. Oordeel of op basis van archiefmateriaal, heklatten minder zwaar hetzelfde doel kunnen bereiken.
- g. Molenadviseurs kunnen ook inspecties uitvoeren, zie dus ook: Aan inspecteurs.

7.6 Aan inspecteurs

- a. Hanteer een gestructureerde methode van plaatdiktemeting. Hierdoor kun je de degradatie van het materiaal vaststellen.
- b. Inspecteer de binnenzijde de roede, minimaal met behulp van een compacte camera of endoscoop.
- c. Let bij inspectie van bestaande roeden op de vorm van het heklatgat.
- d. Onderwerp de lassen met name rondom de askop aan een (visuele) inspectie.
- e. Documenteer de waarnemingen op een gestructureerde manier.
- f. Zorg dat informatie over roeden, inspectie e.d. eenvoudig vindbaar is.
- g. Lever informatie zodanig aan dat dit eenvoudig in het roedendossier kan worden verwerkt.

7.7 Aan Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

- a. Wees coulant met het beschikbaar stellen van (of verschuivingen binnen) de SIM budgetten indien deze worden aangewend om roeden te vervangen. Eigenaren kunnen hierdoor andere prioriteiten stellen aan het te verrichten onderhoud en daarbinnen kunnen schuiven.
- b. Maak bij alle veranderingen aan roeden en/of tuigage een waardenstellende bouwhistorische verkenning verplicht. Zeker bij het vervangen van gelaste door geklonken roeden is een dergelijke verkenning essentieel.
- c. Initieer een onderzoek om tot een beleid te komen voor de collectie roeden.
- d. Maak het samenstellen van het roedendossier subsidiabel.

7.8 Aan De Hollandsche Molen

- a. Stimuleer kennisdeling bij roedemakers, monumentenwachters en andere betrokkenen.
- b. Faciliteer eigenaren en molenaars bij het opstellen van de roededossier.
- c. De Hollandsche Molen en de opleidingsgildes gaan in gesprek om de nieuwe inzichten wat betreft molenroeden te verwerken in de exameneisen.

8. Woordenlijst

Askop Voorzijde van de bovenas waarin kruislinks
aangebracht twee asgaten.

Asgat/ashuis Opening in de askop waarin opgesloten de
roeden.

Biljoening Zeegvormige afschuining van de voorkant.

Binnenroede De roede die het dichtst bij de molenkap
door de wiekenas loopt.

Buitenroede De roede die de binnenroede kruist en het
verst van de molenkap af ligt.

Borden Zie windborden.

Bovenas De as in de molenkap waarin de roeden zijn
bevestigd (gestoken) en waar omheen het bovenwiel is
vastgewijgd. Thans van gietijzer, vroeger van eikenhout.

Constructieve slijtage Degradatie van het materiaal als
gevolg van gebruik (belasting).

Doorhalen/doorhijsen Het losmaken van de roeden
en deze ca. een meter optakelen zodat onderhoud en
inspectie kan worden verricht in het gedeelte dat zich in
de askop bevindt.

Einden, enden Halve roeden, compleet met tuigage dit is
de molenterm voor wieken. "De molen loopt 80 enden"
is een uitdrukking in molentermen om de snelheid te
duiden, het aantal enden dat per minuut het molenlijf
passeert.

Heklatten De rechte of taps gezaagde houten latten die
(ongeveer) haaks op de roede staan en zijn opgesloten
in de hekgaten; ze worden onderling verbonden door
evenwijdig aan de roede lopende zomen of zoomlatten
en vormen samen daarmee het hekwerk, waarop
het molenzeil kan worden uitgerold. Er zijn twee
verschillende uitvoeringen.

- tapse heklatten die zonder wiggen worden vastgeslagen;
- rechte heklatten die met wiggen worden vastgeslagen.

Heklatgaten Gaten in de roede ten behoeve van het
insteken en bevestigen van heklatten.

Keerklos Houten klos, sterk bevestigd aan de roede om
het uitschuiven ervan te beletten. Steunt af op rand van
het ashuis.

Kluften Schegvormig vulhout aan de bordzijde van de
roede om de windborden met de voorzoom in de juiste
schuimte te bevestigen.

Middenzwaarte De breedte en hoogte van de roede bij
de asdoorgang.

Molenroede Houten of kokervormig stalen balken waar
de heklatten in zijn bevestigd. De binnen- en buitenroede
zijn vastgewijgd in de askop en vormen samen met de
complete tuigage het wiekenkruis.

NDO Niet-destructief onderzoek, een onderzoekstechniek
(zoals ultrasoon) die technische kwaliteit van een object
inzichtelijk maakt zonder deze te beschadigen.

Ontwateringsgaten/lekgaten Geboorde openingen
aan de achterzijde van de roeden om vocht als gevolg van
hemelwater of condensatie af te kunnen voeren.

Oudhollands wieksysteem Het traditioneel wieksysteem
met hekwerk, windborden en zomen.

Porring De diepte van de bocht van de (binnen)roede.

Potroede Geklonken roede door de firma gebroeders
Pot, later ook wel als soortnaam voor geklonken roeden
gebruikt.

Roede Zie molenroede.

Roedemakers Roedemakers, vakdiscipline voor bedrijven
die stalen molenroeden maken.

Roedewig Houten wig ter borging van de roede in de
ashuis

Roedeketting Ketting (of touw) om de stilstaande
molen extra te zekeren zodat deze niet zal draaien bij
afwezigheid van de molenaar.

RCE Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, voorheen
Rijksdienst voor de Monumentenzorg.

Slingerklamp De slinger- of zeilklampen worden gebruikt
om het opgerolde zeil vast te zetten.

Stuiklassen Stuiknaden, stompe naad, kopnaad,
dwarslassen is de benaming van de las welke twee platen
aan de uiteinden samengevoegd. Veelal vindt hier een
overgang van de plaatdikte plaats.

Tuigage Het samenstel van heklatten, windborden, zomen
e.d. waarmee een roede is opgetuigd.

Vangen Het tot stilstand brengen van een draaiend
wiekenkruis.

Vlucht De lengte van een roeden, m.a.w. de diameter die
de toppen van de roede bij het draaien door de lucht
beschrijven.

Wiek Zie einden/enden.

Wiekenkruis Zie molenroeden.

Wigshot Geven geen constructieve sterkte aan een
roede, ze dienen alleen ervoor te zorgen dat de
wiggen goed blijven dragen en de drukkracht wordt
doorgegeven tegen de legzijdes van de askop.

Windborden De wegneembare planken tussen de roede
of bordschroot en de voorzoom.

Zeeg De schuimte van de heklatten t.o.v. het maalvlak.

Zeilkikker De op de voorzijde van de roede bevestigde
haken t.b.v. de bevestiging van het molenzeil.

Zelfzwichting Wieken uitgevoerd met jaloezieën i.p.v. zeilen.

9. Colofon

Het onderzoek 'Roeden onder controle' is uitgevoerd door De Hollandsche Molen in nauw overleg met de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Projectleider was Leo Endedijk en het onderzoek werd uitgevoerd door Matthijs Ero en Jippe Kreuning. De eindredactie werd gedaan door Marjan ten Broeke.

Onze speciale dank gaat uit naar de volgende personen; Marco Bax (Straathof Constructie, Max Beijk (Beijk B.V., Patrick Braak, Bert Bulder (Molendatabase), Jeroen van Dijke (Erfgoed Zeeland), Bart Dooren (Verbij Hoogmade B.V.), Laurens Drost (EZDL), Mikel Eringfeld (Vaags molenwerken), Rien Eykelenboom, Paul Groen (EAG Monuments), Alidus Hofsteenge (Alhof bouwkundig adviesbureau), Jan Hofstra (Van Reeuwijk Bouwmeester), Hay Janssen, Walter de Koning (Stichting ERM), Johannes Kooistra (De Molenmakers), Juriaan Kramer (technisch bestuurslid SIMAV), Leo Middelkoop (Molendatabase), Paul van Ommen (Belangenvereniging voor Beroepschartersvaart (BBZ)), Wouter Pfeiffer (RCE), Gerrit van de Pol (Monumentenwacht-Gelderland), Gijs van Reeuwijk (Van Reeuwijk Bouwmeester), Teun Slippens (Blom Opmeer), Gerard Troost (RCE), Gerben Vaags (Vaags molenwerken), Martijn Vaags (Vaags molenwerken), Walter Vaags (Vaags molenwerken), Anne Wieringa (Wieringa Bouwadvies), Eric Zwijnenberg.

En veel verschillende individuele personen die, vaak als reactie op publicaties naar aanleiding van ons onderzoek, per mail of telefonisch hebben gereageerd en daarbij hun inzichten met ons deelden.

Disclaimer

Dit rapport doet aanbevelingen ter verbeteringen van de veiligheid rondom molenroeden. Het onderzoek gaan niet in op schuld of aansprakelijkheid.

Gebruikte bronnen

- Nederlandse Molendatabase
- Tijdschrift Molenwereld
- Allemolens.nl
- Richtlijnen voor de vervaardiging van stalen molenroeden 1985 Rijksdienst voor de Monumentenzorg te Zeist
- Richtlijn voor het vervaardigen van stalen molenroeden (2011) Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- Diverse meetrapporten roeden: MME Group, Applus+ RTD
- Mastbreuk Harlingen, mast in zicht maar niet in beeld (2017) Onderzoeksraad voor Veiligheid
- Verborgene gebreken? Lessen uit de instorting van het dak van het AZ-stadion (2020) Onderzoeksraad voor Veiligheid
- Rapporten onderzoek naar de aard en oorzaak van het breken van een molenroede van de Goudriaans Molen (opdrachtgever De Gelder Molenmakers- en Aannemersbedrijf, Sliedrecht) en Bovenmolen G (opdrachtgever De Hollandsche Molen, Amsterdam)
- Branchennorm voor inspectie en onderhoud van rondhouten, Platform Veiligheid Chartervaart
- Handreiking Risicozonering Windturbines, Rijkswaterstaat

Fotoverantwoording

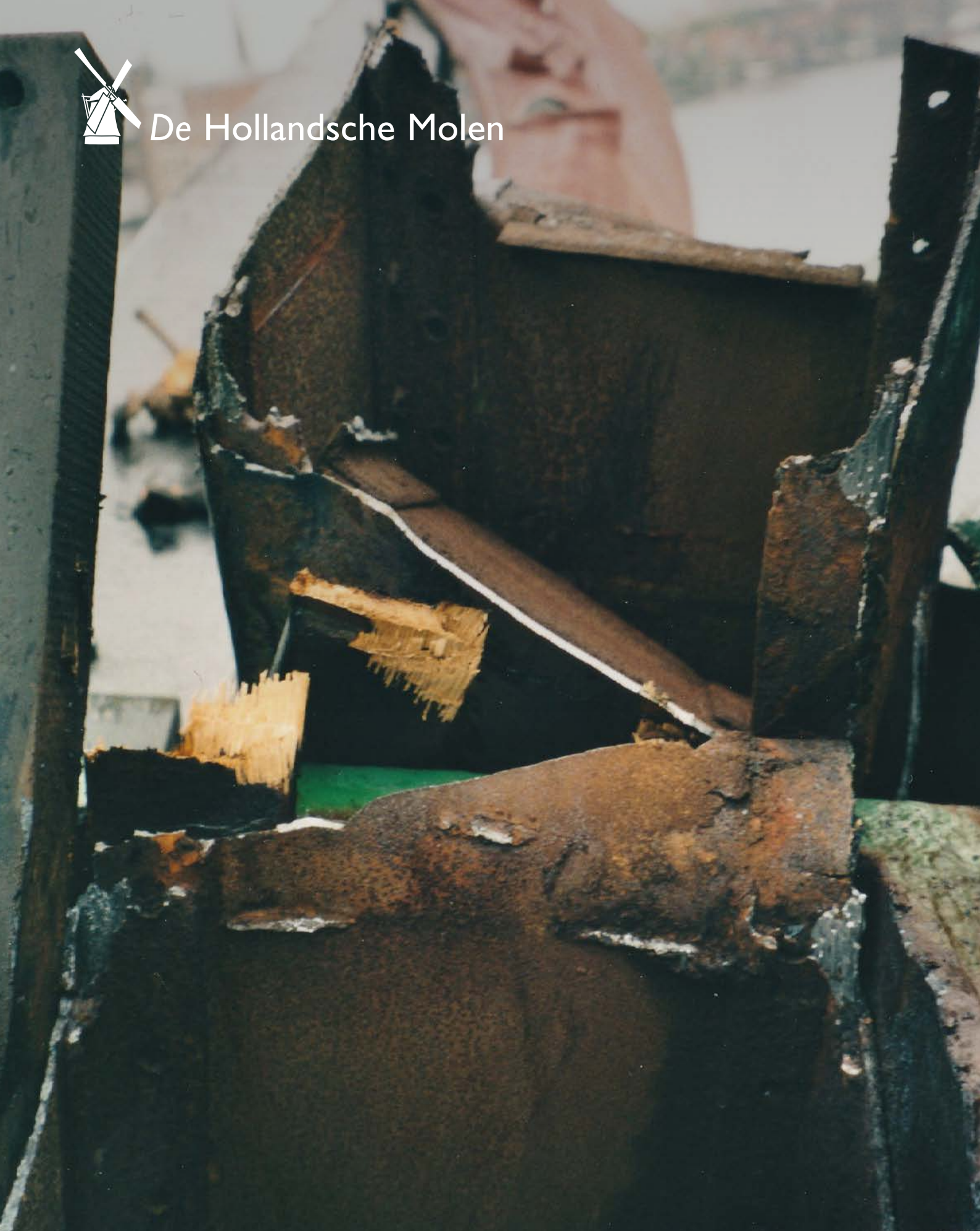
P. Breijs, De Hollandsche Molen, J. van Dijke, M. Ero, M. Faber, E. van Gerven, J. Harmsen, R. Kooiker, J. Kreuning, J. Ottevanger, F. Oudejans, G. van Reeuwijk, T. Stoffelen, H. Tol, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed en A. Wieringa

Voorzijde: controle van lasnaden bij molen De Kersenboom in Rijsoord op 21 juli 2021

Achterzijde: roedebreuk bij molen De Zoeker in Zaandam op 29 oktober 2001



De Hollandsche Molen



Dé molenvereniging van Nederland

Zeeburgerdijk 139, 1095 AA Amsterdam | 020 - 623 87 03 | dhm@molens.nl | www.molens.nl
[@m0lens](https://twitter.com/m0lens) | [f](https://www.facebook.com/DeHollandscheMolen) De Hollandsche Molen | NL711INGB0000113590 | INGBNL2A