

Praktijk versus theorie: Zeilslag

In de nummers 160 – 163 van dit blad is aandacht aan de zeilslag en het in de wind opsteken van de heklatten op het eind van de roeden gegeven. Zoals ik die artikelen begrepen heb ging het daarin puur en alleen om zeilslag te voorkomen en meer niet. Uit verschillende discussies hieromtrent op o.a. het prikbord blijkt telkens ook dat men hieromtrent niet verder komt dan het voorkomen van zeilslag. Wanneer het daar echter alleen om zou gaan dan is de kortste klap: gewoon geen zeil voorleggen; dan heb je ook geen zeilslag. Wat je dan aan een molen kan hebben zou ik echter niet weten of kunnen bedenken. Geen zeil voorleggen is dan ook geen optie.

Vermogen uit de wind halen

Met een molen werken vraagt dan ook dat er zeil voorgelegd moet worden (behalve bij stormweer). Hiermee komen we dan tegelijk in de richting waarin gedacht moet worden. De eigenschap van een windmolen is nl. puur gebaseerd op zijn mogelijkheid vermogen uit de winddruk op het kruis op het eigenlijke werktuig (maalstenen, vijzel, scheprad, zagen, etc.) over te brengen zodat daarmee geproduceerd kan worden. Een molen kan echter alleen nuttige arbeid uit de wind halen wanneer die windstromen zodanig over het zeil gaan dat die een druk op het zeil uitoefenen, waar vervolgens het kruis voor kan en wil wijken. Om dit kunnen wijken van het kruis voor de winddruk te bereiken moet de wind daarvoor het zeil via het achterlijk verlaten. Alleen luchtstromingen welke via het achterlijk de zeilen verlaten kan een kruis in vooruitgaande richting voor wijken. Alle luchtstromingen die via een andere richting over de zeilen gaan dan via het achterlijk zijn op zijn gunstigste verspilling van energie en vaak belemmeren zij het kruis in zijn gang. Het hele kruis is hierbij voor een malende (werkende) molen geoptimaliseerd.

Dat een kruis voor de winddruk moet willen wijken past echter geen zeilslag bij. Een zeil dat slaat haalt, t.p.v. de zeilslag, geen vermogen uit de wind. Wanneer het meer waait dan voor een goede productie nodig, dan is door zeilslag een beetje minder vermogen uit de wind halen dan zou kunnen geen probleem doordat er dan toch gewicht gaat worden. Wanneer het echter minder tot eigenlijk te weinig voor een goede productie waait dan speelt die zeilslag wel parten. Om het mogelijk te maken dat een molen, met name bij weinig wind, zoveel mogelijk vermogen uit de wind kan halen zijn de heklatten naar de beide hekkens-einden toe (naar de as en naar het roede-eind toe) minder diep geschoot dan op het diepste punt (zie afbeelding 1). De windstromingen over de zeilen worden hiermee zo gestuurd dat zij de zeilen zoveel mogelijk via het achterlijk verlaten en zo weinig mogelijk via de heklatten op de beide einden van ieder hekken (groene pijlen op afbeelding 2). Door de winddruk met de schoot van de heklatten naar de hekkens-einden toe zo over de zeilen te sturen dat die via het achterlijk de zeilen verlaat worden de zeilen op de hekkens gedrukt en wordt daarmee en daardoor automatisch de zeilslag voorkomen of onderdrukt. Dit is dus puur doordat er aan de windzijde van de hekkens door de winddruk een overdruk op de zeilen is, wat dan automatisch inhoudt dat er aan de lijzijde (achterkant) van de hekkens een onderdruk gaat heersen. Hier komt bij dat de omtreksnelheid van de roede-einden t.o.v. de windsnelheid naar de roede-einden toe steeds groter wordt waarbij de roeden ook nog wind voor zich uit stuwen. Om nu te voorkomen dat de wind de zeilen niet meer op het hekkens zal drukken en er daardoor ook geen druk in voorwaartse richting meer op het kruis komt, moeten de heklatten naar de roede-einden toe steeds minder diep geschoot worden. De schoot van de hekkens is vanaf de as gerekend eerst scheppend wat naar de roede-einden toe steeds meer strijkend wordt. Bij zeilschepen zie je dit ook. Vlak boven het schip zijn de zeilen scheppend geschoot, wat naar boven toe steeds meer strijkend wordt (vooral bij vierkant getuigde schepen uit de 19e eeuw en brede gaffelzeilen is dit goed te zien). Dat er naar het eind van de roeden toe enige heklatten in de wind opsteken is hierbij om zoveel mogelijk te voorkomen dat er wind via de heklatten (in de lengterichting van de hekkens) weg zal vloeien (rode pijlen op afbeelding 2), maar in plaats daarvan over het achterlijk (in de dwarsrichting van de hekkens). Zoals al aangegeven heeft een molen namelijk niets aan wind die over de heklatten heen de zeilen

verlaat doordat het kruis daar geen druk in voorwaartse richting van ondervindt. Dit is dus de reden dat er naar de roede-einden toe enige heklatten in de wind opsteken. Helemaal voorkomen dat er wind over de heklatten heen gaat zal echter niet lukken, maar dan toch zo weinig als mogelijk is.

Let wel: het gaat bij het kruis van molens niet om meer wind dan voor een goede productie nodig is maar om minder of vaak eerder te weinig wind. Met meer dan genoeg wind komt het minder precies en maalt een molen zo ongeveer altijd wel.

Vlakke en scheluwe hekkens

Dat het met vlakke hekkens of die het model van een scheluwe plank hebben vaak hollen of staan is hoeft dan ook niet te verwonderen. Bij te vlakke hekkens wordt er bij niet veel wind minder druk door de wind gegenereerd waar het kruis voor wil wijken dan met hekkens met de juiste schoot voor een specifieke molen. Met hekkens in het model van een scheluwe plank zijn de windstromingen over de zeilen heen minder naar het wegstromen via het achterlijk gericht dan bij hekkens met de juiste schoot, wat dan weer minder winddruk waar het kruis voor wil wijken geeft dan mogelijk is.

Bolle achterzoom

Hekken met een bolle achterzoom zijn in theorie misschien beter, zoals Jan Hofstra in nummer 161 ('Schoot en zeeg (reactie)') stelt. In theorie misschien wel. In de praktijk echter helemaal niet. De windstromingen over de zeilen worden er namelijk mee op een dwaalspoor gebracht. Zij weten dan niet meer dat zij over het achterlijk het zeil moeten verlaten maar gaan dat ook in andere richtingen doen. De winddruk waar het kruis in vooruitgaande richting voor wil wijken zal dan aanmerkelijk en onaanvaardbaar minder zijn. Maar goed dus dat de molenaars en molenmakers in de tijd dat de molens ontwikkeld zijn, geen weet van die theorieën hadden (die waren er toen nog lang niet).

Windborden

Dat de borden in de voorhekkens halverwege de 17e een grote verbetering waren is onmiskenbaar. De zeilslag kon er voor een groot deel mee voorkomen of er tenminste fors mee onderdrukt worden. De hoofdreden hiervan is dat de zeilen achter de roeden veel minder last van de opstuwing van de wind aan de voorzijde van de roeden ondervinden. Door die borden kon / kan de door het rondgaan van het kruis door de roeden voor die roeden opgestuwde wind gewoonweg niet meer over de windzijde van de roeden heen stromen doordat de borden dat verhinderen. Zeilen vanaf de voorzoom tot de achterzoom zullen daarentegen snel en vaak oplichten (van de roeden los komen) doordat de door de roeden opgestuwde wind tussen de roeden en de zeilen heen weg kan komen, met zeilslag als gevolg. De borden in de voorhekkens ondervinden die opstuwing echter nog steeds maar dat was / is geen groot probleem doordat die borden er niet van slijten en, nog belangrijker, dat de zeilen op de hekkens achter de roeden er niet van gaan slaan doordat er geen wind tussen de zeilen en de roeden heen kan vloeien. Aan de windzijde van de zeilen blijft er daarom een overdruk wat aan de lijzijde automatisch een onderdruk veroorzaakt, wat dan weer een druk waar het kruis voor wil wijken oplevert. Per saldo sloeg men met het in de wind op laten steken van de heklatten op de roede-einden dan ook drie vliegen in één klap. 1. De door de roeden opgestuwde wind stroomde niet meer tussen de roeden en de zeilen door weg en veroorzaakte daardoor ook geen aan beide kanten van de zeilen gelijke druk of zelfs een overdruk aan de lijzijde van de zeilen, met verminderde druk in vooruitgaande richting tot gevolg. 2. De overdruk aan de windzijde en de onderdruk aan de lijzijde van de zeilen blijft daardoor veel langer in stand dan bij zeilen van voorzoom tot achterzoom. 3. De zeilen slijten veel minder.

Dat de borden eigenlijk belangrijker dan de zeilen zijn is niet mijn ervaring. Met alleen zeilen kan ik met nogal wat minder wind malen dan met alleen borden. Met alleen borden maal ik vanaf een ± 8 Bft, maar als ik haast heb leg ik dan ook nog enig zeil voor.

Scepticus

Voor de scepticus die er aan twijfelt of dat beetje meer vermogen dat een molen bij minder diep schoten van heklatten naar de as toe en het in de wind op laten steken van de heklatten naar de roede-einden toe verschil kan maken. Ja, met weinig wind kunnen een paar einden meer of minder het verschil maken dat je in een hele dag bijvoorbeeld toch enige zakken kunt malen i.p.v. maar één zak of nog minder, of dat het water in de polder misschien niet zakt, maar tenminste ook niet omhoog komt. Dat geldt nu nog steeds maar in vroegere tijden (dat een windmolen de grootste krachtbron was) helemaal. Ook bij eigenlijk te weinig wind werd de molen ingeslagen en alle beetjes helpen dan. Hierbij moet niet uit het oog verloren worden dat te weinig wind veel meer voorkomt als te veel. Een ieder die met een molen voor de productie maalt of gemalen heeft kent de frustratie: er moet gemalen worden maar er is nauwelijks of te weinig wind. Hoe graag zou je dan niet toch een paar einden per minuut meer hebben, al is het dan ook maar een paar einden, je bent immers toch met die molen bezig? Verhalen dat één en dezelfde zak soms dagen achtereen aan de meelbak hing zijn er ook bekend, dat bakkers met doorgaans een voorraad meel voor vier weken helemaal geen meel meer hadden en hoe vaak zou een watermolen niet vervloekt zijn omdat het water in de polder weer eens te hoog stond vanwege gebrek aan wind!

Natuurlijk: als je een molen hebt met een tot het uiterste geoptimaliseerd kruis ga je met minder wind dan voor een molen met een minder efficiënt kruis nodig is malen en loop je weer tegen het niet of nauwelijks rond gaan van het kruis aan. Echter: als je net iets meer kunt malen omdat het kruis van jouw molen iets meer presteert dan dat van een andere molen heb je wel iets tevredener klanten dan die andere molenaar en verdient je ook iets meer of de ingelanden zijn meer tevreden met de molen.

Kleppen i.p.v. zeilen

Wat betreft kleppen, bijv. zelfzwichting of Ten Have. Wanneer dat geheel niet dezelfde vorm heeft als een zeilhekken dan blijft de 'zeilslag'. Deze 'zeilslag' is voor een oppervlakkige beschouwer niet of te weinig waarneembaar maar het doet zich nog net zo goed voor doordat op de windzijde van de kleppen ook dan geen winddruk of te weinig is. De winddruk is dan, net zoals bij zeilen, aan beide kanten van de kleppen gelijk of is aan de lijzijde eerder hoger i.p.v. lager dan aan de windzijde. De kleppen klapperen dan wel niet zoals zeilen maar dezelfde windcondities welke zeilslag bij zeilen veroorzaken doen zich bij de kleppen ook voor. Ook bij kleppen is er dan, net zoals bij zeilen, ter plaatse van de verstoorde windstroming niet een zodanige winddruk op de kleppen waar het kruis voor wil wijken. Het in de wind op laten steken van enige heklatten op het eind van de roeden is bij kleppen dan ook net zo goed nodig. Bij 'Ten Have' kleppen steekt de onderste heklat echter wel iets minder in de wind op dan bij zeilhekkens en zelfzwichting doordat er maar 5 heklatten zijn en het hout van de kleppen zich niet zo laat buigen als een zeilhekken.

Uitgangspunt

Het "probleem" van het in de wind opsteken van de heklatten op het eind van de roeden is dan ook eigenlijk helemaal geen probleem. Het "probleem" van de zeilslag, vanuit die zeilslag zelf willen oplossen is evenwel niet het juiste uitgangspunt. Ook vanuit al de theorieën die er zijn, zoals bijvoorbeeld de stromingsleer et cetera, kom je ook niet tot de juiste oplossing. Die theorieën werken daarvoor veel te veel met aannames. Evenzo wordt er voor een molen met windtunnels nog steeds (te) veel met aannames gewerkt.

Wanneer daarentegen de zaak bekeken wordt zoals de molenaars / molenmakers dat vroeger deden, i.c. van de praktijk uitgegaan wordt – in dit geval dat een kruis zoveel mogelijk winddruk genereert waar het kruis voor kan wijken – dan is dat wel het juiste uitgangspunt. Bij de hele ontwikkeling van de molens – vanaf ong. het jaar 1000 (?) tot ± 1700, maar wel met horten en stoten – heeft men zo met succes gewerkt.

Het juiste uitgangspunt is daarom: doordat het kruis rondgaand beweegt kan dat alleen wijken voor een winddruk welke die rondgaande beweging mogelijk maakt en dat is een druk dwars op de hekkens (groene pijlen op afbeelding 2) Windstromingen in alle andere richtingen heeft een molen niets aan. De zeilslag doet zich daardoor bij een stabiele windrichting niet voor of vermindert bij een minder stabiele windrichting sterk.

Collectieve geheugen

Na ong. 1700 is er in de Lage Landen niet veel meer aan het kruis veranderd omdat het niet beter kon dan het toen was. Doordat het kruis niet meer verbeterd kon worden is de verbetering om het maximale vermogen uit de wind te halen met het in de wind opsteken van de heklatten op het eind van de roeden uit het collectieve geheugen van hen die beroepsmatig met de molens bezig waren verdwenen, als dat tenminste ooit in het collectieve geheugen aanwezig is geweest. Wat wel in het collectieve geheugen bleef was de (overgebleven) zeilslag doordat die voor een ieder direct zichtbaar was / is. Het meerdere vermogen dat een kruis uit de wind kon halen t.o.v. een minder geoptimaliseerd kruis was daarentegen hoegenaamd niet (meer) zicht- of merkbaar doordat er (in de Lage Landen) geen molen met een niet helemaal geoptimaliseerd kruis overgebleven was en wat normaal of ergens niet mee te vergelijken is valt niet op.

Of vroeger veel molenaars / molenmakers er weet van hadden dat de heklatten naar het roede-eind toe in de wind opstaken om de windstromen zo te sturen dat die via het achterlijk het zeil verlieten? Vrij zeker niet; maar... zelfs één was genoeg. Iets wat zich in de praktijk bewezen had als beter werd vanzelf door de anderen overgenomen; zonder dat men de juiste reden van het waarom wist of hoefde te weten. Het ging vroeger per saldo om het met een molen verdienen van geld. De theorie achter alles hadden de meeste moleneigenaars en molenaars geen behoefte aan. Als er geld aan en met een molen te verdienen viel was hun dat genoeg.

Discussie

Aangaande de discussie of een molen nou juist sneller gaat lopen wanneer de heklatten in de wind opsteken of juist langzamer (Krook maakt al melding van deze discussie): nee en ja.

Volgens Aad Schouten van de 'Wingerdse molen' te Bleskensgraaf steken de heklatten van de molens van Kinderdijk, waar hij ook wel mee gemalen heeft, meer in de wind op dan doorgaans. Naar hij zegt gaan die molens na het leggen van een duikertje (lytse swicht) sneller lopen i.p.v. langzamer. Aan de Hantumer molen, waarvan de heklatten niet meer dan doorgaans in de wind opsteken (± 3 graden) kan ik niet merken dat de molen met een 'lytse swicht' (duikertje) sneller of langzamer rond gaat. Wanneer ik de molen langzamer wil laten lopen dan moet ik met een 'lange swicht' (lange halve) gaan malen. De lytse swichten gebruik ik dan ook alleen wanneer de wind erg vlagerig is. De molen reageert dan minder fel op die vlagen.

Bij molens met ijzeren roeden waarvan de heklatten meer dan doorgaans in de wind opsteken is het een ander verhaal. Bij die molens zal het in de wind opsteken van de heklatten op de roede-einden bij meer dan genoeg wind, de windstromen over de zeilen en dan alleen vanaf de heklatten die in de wind op steken, zo sturen dat die stromingen een tegengestelde druk op de zeilen aan het eind van de hekkens uit gaan oefenen (zwarte pijlen op afbeelding 2). De gang van het kruis wordt dan juist wel door het in de wind opsteken van enige heklatten afgeremd. Met een 'lytse swicht' zullen die molens dan daarom wel (iets) sneller gaan lopen.

Het meer dan doorgaans in de wind opsteken van de heklatten van de molens van Kinderdijk zal evenwel een overblijfsel van de houten roeden zijn. Houten roeden verwringen namelijk nogal wat meer dan ijzeren, waarbij de mate van het verwringen met de lengte van de roeden toeneemt. Husslage schrijft in zijn boek 'Windmolens' (blz. 79) dat houten roeden soms zover verwringen en de heklatten zover doorbuigen die op de roede-einden evenwijdig

aan de windzijde van de roede kwamen te staan. Dat dit slecht malen tot gevolg had maakt hij eerder in zijn boek al melding van (blz. 12).

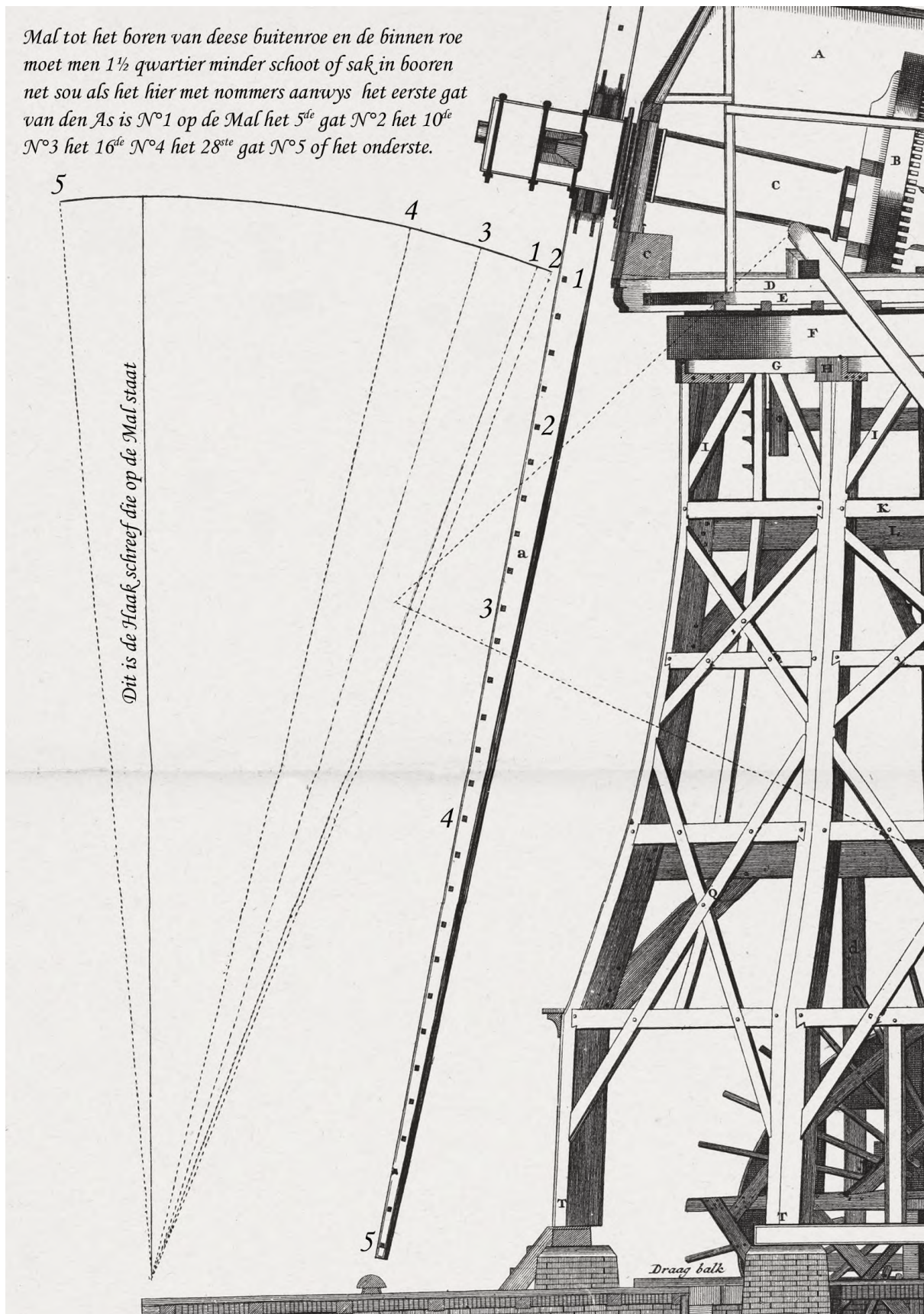
Om te zorgen dat tijdens het malen de heklatten op de roede-einden toch gemiddeld in de buurt van ± 3 graden in de wind blijven opsteken heeft men daarom de gaten in de houten roeden zo geboord dat de heklatten (van kale roeden) meer dan de 3 graden in de wind op gingen steken. In het Groot Volkomen Molenboek is de hoek een $-4,5^\circ$ (zie afbeelding 1) en Krook geeft zelfs $-7,5^\circ$ (op de tekeningen gemeten). Dat grote aantal graden van Krook zal met de houtsoort te maken hebben; grenen of dennen. Dennenhout voor roeden was in Krook zijn tijd, zo hij schrijft in zijn 'Theoretisch en Practisch Molenboek', nogal wat goedkoper dan grenen en roeden van dennenhout werden dan ook vaak toegepast. Met de ijzeren roeden is het meer dan doorgaans in de wind op laten steken bij de grote molens (zoals van de Kinderdijk) gebleven omdat men dat zo gewend was en het geen duidelijk nadeel opleverde. Het enige "nadeel" is dat je niet met een lytse swicht (duikertje) hoeft te gaan malen om de molen langzamer te laten lopen maar direct meer moet gaan zwichten.

Samenvatting

Het in de wind opsteken van enige heklatten op het einde van de roeden en het terug komen naar de as toe is puur om de windstromingen over de zeilen zo te sturen dat die zoveel mogelijk de zeilen via de achterlijken verlaten. Alleen met zulke stromingen is bij weinig wind het maximale vermogen wat met de gegeven wind mogelijk is, uit de wind te halen. Het gevolg is dat de zeilslag automatisch tenminste sterk verminderd.

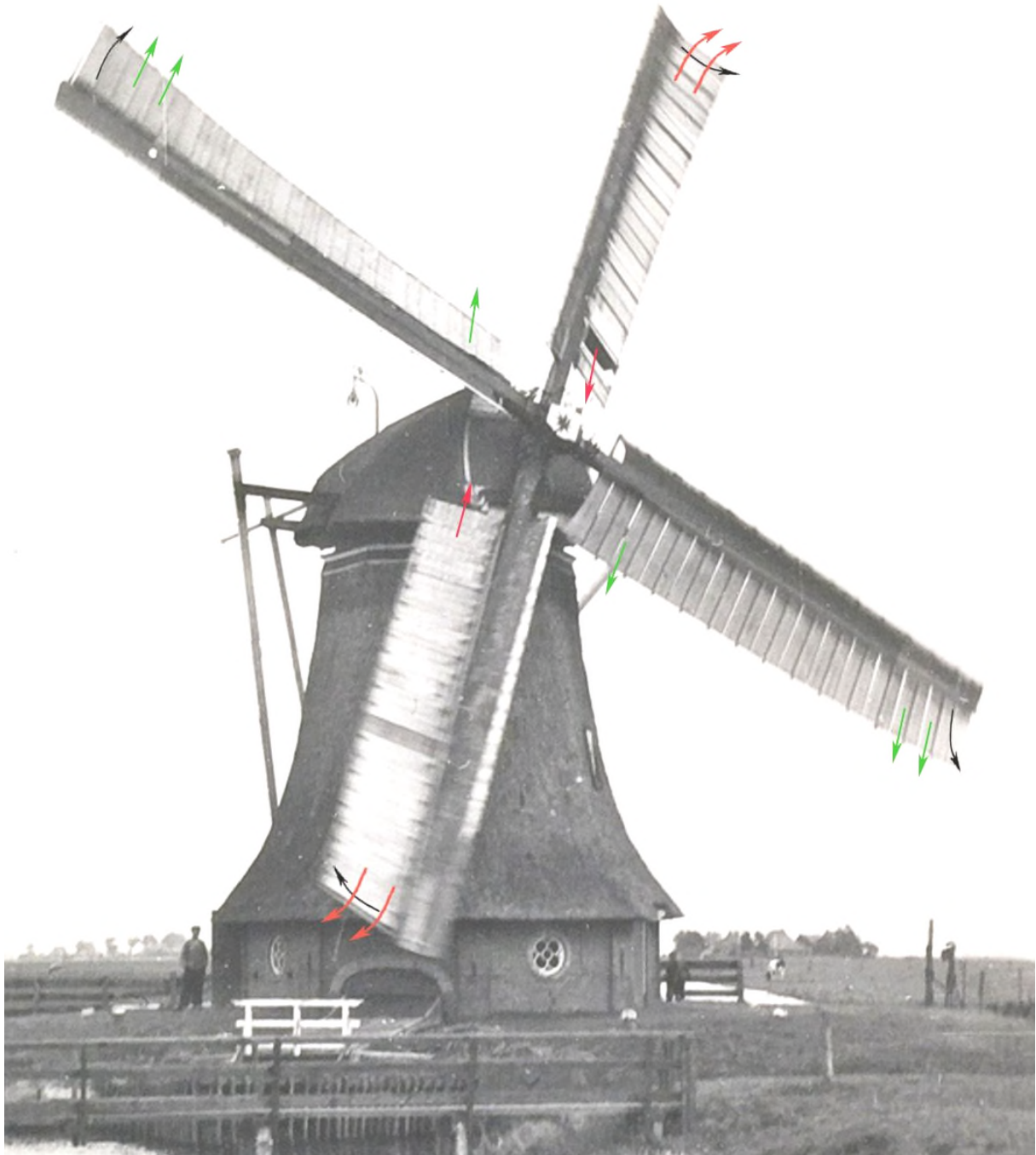
Nogmaals: het gaat bij dit alles niet om meer wind dan voor de goede productie nodig is maar om minder tot eigenlijk te weinig wind. Het liefst had men vroeger ook gehad dat een windmolen met windstilte nog had kunnen malen, maar dat ging (en gaat) niet. Een kruis mag bovendien nog zo geoptimaliseerd zijn; er zijn een hele hoop uren in een jaar dat weinig wind gewoon weinig of te weinig wind is!

Afbeelding 1.



Een gedeelte van de tekening uit het 'Groot Volkomen Molenboek' van de watermolen tussen Loenen en Nieuwersluys. Het heklat op het eind van de roede (no. 5) steekt op deze tekening $\pm 4,5$ graad in de wind op. Op de tekening van de watermolen tussen Assendelft en Uytgeest (in hetzelfde boek) is dit in de wind opsteken ook $\pm 4,5$ graad. Het terug komen van de heklatten vanuit het diepste van de schoot naar de as toe (no. 1 t.o.v. no. 2 op de tekening) is op beide tekeningen ± 1 graad.

Afbeelding 2.



Dit is een in Oktober 1950 genomen foto van de Hantumer molen. Mijn vader staat bij de noord-deur naar de fotograaf te kijken.

De groene pijlen geven de stroming van de wind aan waar het kruis vooruitgaand voor wil wijken. De rode pijlen verbeelden de windstromingen die over de heklatten heen stromen, daarmee nutteloos zijn en vermeden moeten worden. De zwarte pijlen duiden de windstromingen aan, bij meer dan genoeg wind, welke optreden bij die heklatten van ijzeren roeden welke meer dan 3 à 4 graden in de wind opsteken. Bij roeden van hout zullen die tegengestelde windstromingen zich niet voordoen doordat houten roeden veel meer verwringen dan roeden van ijzer. Bij roeden van hout is het in de wind opsteken van de heklatten op het eind van de roeden, vanwege het verwringen, door de winddruk bij weinig wind gereduceerd tot ± 3 graden en bij genoeg of meer wind nog minder tot helemaal niets.